

**Biologie, Ökologie und Kontrolle von  
*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby  
im Zamfara-Weidegebiet in  
der Sudansavanne Nordwest-Nigerias**

**DETLEF KREIMER**



**INAUGURAL-DISSERTATION**  
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)  
beim Fachbereich 09: Agrarwissenschaften,  
Ökotropologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Giessen

---

**édition scientifique**  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2007

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2007

© 2007 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**  
édition scientifique

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

**[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)**

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik  
der Justus-Liebig-Universität Giessen  
Fachgebiet für Nutztierökologie: Prof. Dr. J. Steinbach

**BIOLOGIE, ÖKOLOGIE UND KONTROLLE VON  
*SENNA OBTUSIFOLIA* (L.) IRWIN & BARNEBY  
IM ZAMFARA-WEIDEGEBIET IN DER SUDANSAVANNE  
NORDWEST-NIGERIAS**

**INAUGURAL-DISSERTATION**  
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)  
beim Fachbereich 09: Agrarwissenschaften,  
Ökotropologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Giessen

eingereicht von

**Dipl. Ing. agr. DETLEF KREIMER**

aus Güstrow/Mecklenburg

Giessen, Juli 2007

Tag der mündlichen Prüfung: 20.07.2007

1. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Steinbach (Nutztierökologie)
2. Berichterstatter: Prof. Dr. B. Honermeier (Pflanzenbau)

Vorsitzende der Prüfungskommission: Prof. Dr. Dr. A. Otte (Landschaftsökologie)

Beisitzer: Prof. Dr. H. Boland (Agrarsoziologie)

Beisitzer: Prof. Dr. P. Felix-Henningsen (Bodenkunde)

Dekan: Prof. Dr. R. Herrmann (Agrarpolitik)

**für Caroline und Charlotte,  
meine Kinder**

... seine Liebe und Güte  
umgeben euch an allen  
kommenden Tagen; in  
seinem Haus dürft ihr  
nun bleiben ein Leben  
lang. [nach] Psalm 23, 6

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	iv
Verzeichnis der Abkürzungen	vii
Verzeichnis der Tabellen und Übersichten im Text	ix
Verzeichnis der Abbildungen im Text	xiii
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Standortbeschreibung</b>	<b>3</b>
2.1 Untersuchungsgebiet	3
2.1.1 Lage	4
2.1.2 Klima	7
2.1.3 Geologie	11
2.1.4 Böden	12
2.1.5 Vegetation	14
2.2 Weide und Futterverfügbarkeit	18
2.3 Verunkrautung durch <i>Senna obtusifolia</i>	19
2.4 Maßnahmen der Weidewirtschaft durch das „SEP“-Programm	20
2.5 Überblick über Forschungsansätze im Zamfara-Weidegebiet	23
<b>3 <i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin &amp; Barneby</b>	<b>26</b>
3.1 Systematik und Taxonomie	26
3.2 Botanik	29
3.2.1 Nomenklatur	29
3.2.2 Ursprung und Verbreitung	30
3.2.3 Botanische Beschreibung	32
3.2.4 Nodulation und Stickstoffbindung	37
3.3 Phänotypen und genetische Grundlagen	38
3.4 Samenproduktion, Bodensamenvorrat und Keimung	39
3.5 Physiologische Grundlagen	41
3.5.1 Vorkommen und allgemeine Umweltansprüche	41
3.5.2 Lebenszyklus	42
3.6 Chemische Zusammensetzung und Nutzungsmöglichkeiten	45
3.6.1 Rohnährstoffe und anti-nutritive Substanzen	45
3.6.2 Human- und Tierernährung	48
3.6.3 Medizinische Verwendung	50
3.6.4 Verwendung in der Landwirtschaft und Kultivierung	52
3.7 Bedeutung als Unkraut	53
<b>4 Möglichkeiten der Kontrolle von <i>Senna obtusifolia</i></b>	<b>56</b>
4.1 Indirekte Maßnahmen	56
4.2 Direkte Maßnahmen	58
4.2.1 Mechanische und pyrotechnische Verfahren	58
4.2.2 Chemische Verfahren	60
4.2.3 Biologische Möglichkeiten	61
4.2.3.1 Mikroorganismen, Pilze und Myko-Herbizide	61
4.2.3.2 Natürliche Feinde und sonstige biologische Möglichkeiten	63
<b>5 Eigene Untersuchungen der Biologie und Inhaltsstoffe von <i>Senna obtusifolia</i></b>	<b>65</b>
5.1 Ziele	65
5.2. Material und Methoden	65
5.2.1 Wuchsformen und botanische Beschreibung	65

5.2.2	Keimversuche	67
5.2.2.1	Keimuntersuchung im Labor	67
5.2.2.2	Keimuntersuchung im Topfversuch	68
5.2.3	Verbreitungspotential	68
5.2.3.1	Bodensamenvorrat	68
5.2.3.2	Entwicklung der Samenbank	70
5.2.4	Wachstum und Entwicklungsverlauf	71
5.2.5	Inhaltsstoffanalyse	71
5.3	Ergebnisse und Diskussion	72
5.3.1	Wuchsformen und botanische Beschreibung	72
5.3.2	Keimversuche	80
5.3.2.1	Keimuntersuchung im Labor	80
5.3.2.2	Keimuntersuchung im Topfversuch	81
5.3.3	Verbreitungspotential	81
5.3.3.1	Bodensamenvorrat	81
5.3.3.2	Entwicklung der Samenbank	84
5.3.4	Wachstum und Entwicklungsverlauf	85
5.3.5	Inhaltsstoffanalyse	88
5.4	Zusammenfassende Schlussfolgerung	93
<b>6</b>	<b>Eigene Untersuchungen ausgewählter ökologischer Aspekte</b>	<b>94</b>
6.1	Ziele	94
6.2	Material und Methoden	94
6.2.1	Untersuchungen in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte	94
6.2.1.1	Bodenmerkmale	94
6.2.1.2	Zusammensetzung der Krautschicht	95
6.2.2	<i>Senna obtusifolia</i> -Bedeckungsgrad	98
6.3	Ergebnisse und Diskussion	98
6.3.1	Untersuchungen in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> Dichte	98
6.3.1.1	Bodenmerkmale	98
6.3.1.2	Zusammensetzung der Krautschicht	103
6.3.2	<i>Senna obtusifolia</i> -Bedeckungsgrad	127
6.4	Zusammenfassende Schlussfolgerung	129
<b>7</b>	<b>Eigene Untersuchungen zur Kontrolle von <i>Senna obtusifolia</i></b>	<b>131</b>
7.1	Ziel	131
7.2	Mechanische Verfahren zur Kontrolle von <i>Senna obtusifolia</i> in drei Weide- ökotypen (Vorversuch 1993)	131
7.2.1	Material und Methoden	131
7.2.2	Ergebnisse und Diskussion	133
7.3	Multiple Verfahren zur Kontrolle von <i>Senna obtusifolia</i> in drei Weideöko- typen (Hauptversuch 1994)	140
7.3.1	Material und Methoden	140
7.3.1.1	Versuchsanlage	140
7.3.1.2	Mechanische Verfahren	141
7.3.1.3	Chemische Verfahren	142
7.3.1.4	Einsaat von Futtergräsern	143
7.3.2	Ergebnisse und Diskussion	143
7.3.2.1	Vergleich der Weideökotypen	143
7.3.2.2	Mechanische Verfahren	146
7.3.2.3	Chemische Verfahren	151
7.3.2.4	Einsaat von Futtergräsern	152

7.3.2.5	Populationsdynamik von <i>Senna obtusifolia</i>	156
7.4	Zusammenfassende Schlussfolgerung	161
<b>8</b>	<b>Allgemeine Diskussion und Ausblick</b>	<b>163</b>
8.1	Verbreitungspotential von <i>Senna obtusifolia</i>	163
8.2	Nutzungsmöglichkeiten von <i>Senna obtusifolia</i>	166
8.3	Unkrautgefährdung durch <i>Senna obtusifolia</i>	171
8.4	Kontrolle von <i>Senna obtusifolia</i>	171
8.4.1	Versuchsanlage und statistische Auswertung	175
8.4.2	Direkte Kontrollmaßnahmen	176
8.4.2.1	Mechanische Kontrolle	176
8.4.2.2	Chemische Kontrolle	179
8.4.3	Übrige direkte Kontrollmaßnahmen	181
8.4.4	Konzeptionelle Verbesserung der Weidefuttersituation	182
8.4.5	Zusammenfassende Schlussfolgerung	193
8.5	Alternative Konzepte für <i>Senna obtusifolia</i>	195
8.6	Ausblick	197
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>199</b>
<b>10</b>	<b>Summary</b>	<b>204</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>210</b>
	<b>Anhang</b>	<b>304</b>



## Verzeichnis der Abkürzungen

Weniger häufig verwendete Bezeichnungen für Organisationen, Institutionen, Körperschaften u.ä., die als Literaturangaben verwendet werden, sind im Literaturverzeichnis erklärt:

A.C.C.T.	Agence de Coopération Culturelle et Technique
A.É.T.F.A.T.	Association pour l'Étude Taxonomique de la Flore de l'Afrique Tropicale
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CAB	Commonwealth Agricultural Bureaux
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FWTA	Flora of West tropical Africa (HUTCHINSON & DALZIEL 1954-72)
ILDIS	International Legume Data and Information Service
JLU	Justus Liebig Universität (Giessen)
SEPP	Sokoto Environmental Protection Programme
STD-3	Science and Technology for Development (EU-Forschungsförderung)
UDU	Usman Dan'Fodiyo Universität (Sokoto, Nigeria)
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation
USAID	United States Agency for Development
USDA	United States Department for Agriculture
WSSA	Weed Science Society of America

Einheiten, Maße; geläufige Einheiten wie cm *etc.*, *cf.* Internationales System:

Äquivalent- gewicht	meq	1 mg H <sup>+</sup> = 1 mmol = 1 meq (Gewicht pro Ladungseinheit)
Lebendge- wicht	TLU	Tropical Livestock Unit, Tropische Nutztvieh-Einheit (250 kg)
Stoffmenge	mmol cmol	Millimol (Atomgewicht) Zentimol

Chemie, Nährstoffanalytik, chemische Elemente *etc.*, *cf.* Periodensystem u.ä.:

ADF	Acid Detergent Fibre, Säuredetergens-Faser
ADL	Acid Detergent Lignin, Säuredetergens-Lignin
C <sub>org</sub>	organischer Kohlenstoff
CUI	Chymotrypsin Unit Inhibition (Chymotrypsin-Hemmung)
dO	<i>in vitro</i> Verdaulichkeit der organischen Substanz
IVDOM	<i>in vitro</i> digestibility of organic matter ( <i>cf.</i> dO)
KAK	Kationenaustauschkapazität
ME	metabolische Energie
NDF	Neutral Detergent Fibre, Neutraldetergens-Faser
NFE	Nitrogen free extracts, Stickstofffreie Extraktstoffe
OS	organische Substanz
TUI	Trypsin Unit Inhibition (Trypsin-Hemmung)
TS	Trockensubstanz
WK <sub>min</sub>	minimale Wasserkapazität
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett

XP	Rohprotein
XX	NFE (siehe dort)

## Mathematik, Statistik:

ANOVA	Analysis of variance (Varianzanalyse)
FG	Freiheitsgrade
LSD	least significant difference, geringste signifikante Differenz <sup>1</sup>
MQ	Mittel der Quadrate
n	Anzahl
n <sub>0</sub>	Anzahl (unbehandelter) Kontrollparzellen
n.s.	nicht signifikant
p	probability, Wahrscheinlichkeit
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
r <sub>s</sub>	Korrelationskoeffizient nach Spearman
SAS	Statistical Analysis System
SF	Standardfehler
SPSS	Superior Performance Software System
SQ	Quadratsumme
$\bar{x}$ , $\bar{x}_{\text{ges}}$	Mittelwert, Gesamtmittelwert
$\alpha$	Signifikanzniveau ( $\alpha = 5\%$ )
$\rho_s$	Spearman-Rho Korrelationskoeffizient
$\chi^2$	Chi-Quadrat
$\Sigma$	Summe

## Botanik: (lt. ICBN: Int-Code-Bot-Nomenclature)

<i>cf.</i>	confer (lateinisch: vergleiche)
sp. spp.	Spezies, Art(en)
ssp.	Subspezies, Unterart
var.	Varietät
Ø	Durchmesser

## Tabellen und Abbildungen:

B	Behandlung
K	Kontrolle
GS	geschützte Savanne
KS	kultivierte Savanne
OS	offene Savanne
WÖT	Weideökotyp

---

<sup>1</sup> BROSIUS (2002: 489)

## Verzeichnis der Tabellen und Übersichten im Text<sup>2</sup>

Tab. 2.1 Mittlere Lufttemperaturen [°C] an verschiedenen Stationen nahe dem Zamfara-Weidegebiet (WALTER <i>et al.</i> 1960, JACKSON 1961, PAPADAKIS 1965, RUDLOFF 1981)	7
Tab. 2.2 Mittlere Bodentemperaturen [°C] gemessen in unterschiedlichen Bodentiefen in Gusau (12° 17' n. Br.; KOWAL & KASSAM 1978)	8
Tab. 2.3 Niederschläge [mm] der Station Faru (12° 55' n. Br.), nördliches Zamfara-Gebiet (Januar 1993 bis Dezember 1996)	9
Tab. 2.4 Wasserhaushaltskomponenten innerhalb der Sudansavanne (Breite der klimatischen Zone <i>ca.</i> 240 km, nach KOWAL & KASSAM 1978)	10
Tab. 2.5 Physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens in unterschiedlichen Profiltiefen nahe der Station Faru (n = 3; IBRAHIM 1998)	13
Tab. 2.6 Häufige Arten der Kraut- und Gehölzschicht im nördlichen Zamfara-Weidegebiet (nach AWODOLA <i>et al.</i> 1992/93, BIELFELDT 1993a-c, ELSHOLZ 1996b)	15
Tab. 2.7 Häufigkeitsverteilung und Bodenbedeckung von <i>Senna obtusifolia</i> [%] im Zamfara-Weidegebiet (nach BIELFELDT 1993a)	20
Tab. 2.8 Wesentliche Merkmale der Weideökotypen in Faru (1992-96; eigene Beurteilung)	22
Tab. 3.1 Anzahl der <i>Cassiinae</i> in Afrika (LOCK 1988)	27
Tab. 3.2 Alphabetische Auflistung der Synonyme von <i>Senna obtusifolia</i>	29
Tab. 3.3 Unterscheidungsmerkmale von <i>Senna obtusifolia</i> und <i>S. tora</i> (BRENAN 1967)	36
Tab. 3.4 Rohrnährstoffgehalt in der Trockensubstanz und Proteinverdaulichkeit [%] sowie Energiegehalt [MJ kg <sup>-1</sup> TS] von <i>Senna obtusifolia</i>	45
Tab. 3.5 Gehalt an nennenswerten Aminosäuren von <i>Senna obtusifolia</i> [g × 16 g <sup>-1</sup> N] (DIRAR <i>et al.</i> 1985, VIJAYAKUMARI <i>et al.</i> 1993, VADIVEL & JANARDHANAN 2002)	46
Tab. 3.6 Gehalt an wichtigen anti-nutritiven Substanzen von <i>Senna obtusifolia</i> -Samen (VADIVEL & JANARDHANAN 2002)	47
Tab. 3.7 Physiologische Mechanismen und Erfolgsstrategien von <i>Senna obtusifolia</i> auf dem Weideland (ANNING <i>et al.</i> 1989, SHAW <i>et al.</i> 1989, NOITSAKIS & NASTIS 1998)	55
Tab. 4 Möglichkeiten der Kontrolle von Unkräutern auf tropischen Weiden	56
Tab. 5.1 Wuchshöhenkategorien von <i>Senna obtusifolia</i> (eigene Einteilung)	66
Tab. 5.2 Temperaturen im Keimexperiment mit <i>Senna obtusifolia</i> -Samen (10 Petrischalen à 10 Samen)	67

<sup>2</sup> List of tables, charts and figures see annex

Tab. 5.3 Anzahl und Standardfehler der Hülsen je Pflanze unterschiedlicher Wuchsformen von <i>Senna obtusifolia</i> in drei Weideökotypen im Oktober 1993 (n = 13)	73
Tab. 5.4 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Wuchsform auf die Anzahl der Hülsen von <i>Senna obtusifolia</i> mit dem ANOVA-F-Test	73
Tab. 5.5 Samenproduktion von <i>Senna obtusifolia</i> in Abhängigkeit von Wuchsform, -höhe und Populationsdichte in drei Weideökotypen im Oktober 1993 (n = 13; 0,25 m <sup>2</sup> )	75
Tab. 5.6 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> , getrennt nach Wuchshöhe [cm], 1994 für die offene Savanne in den Vorversuchsflächen (n = 10; 0,25 m <sup>2</sup> )	76
Tab. 5.7 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> , getrennt nach Wuchshöhe [cm], 1994 für die geschützte Savanne in den Vorversuchsflächen (n = 10; 0,25 m <sup>2</sup> )	77
Tab. 5.8 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> , getrennt nach Wuchshöhe [cm], 1994 für die kultivierte Savanne in den Vorversuchsflächen (n = 10; 0,25 m <sup>2</sup> )	77
Tab. 5.9 Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> in drei Weideökotypen im $\chi^2$ -Test 1994 (n = 10; 0,25 m <sup>2</sup> )	77
Tab. 5.10 Verteilung der Wuchshöhen von <i>Senna obtusifolia</i> in drei Weideökotypen im August und Oktober im exakten Test nach Fisher	79
Tab. 5.11 Rangkorrelation nach Spearman ( $r_s$ ) für die Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> in Abhängigkeit von der Wuchshöhe in drei Weideökotypen für die Monate August und Oktober	80
Tab. 5.12 Einfluss der Samenschädigung auf die Keimrate von <i>Senna obtusifolia</i> im $\chi^2$ -Test (n = 3, 150 Samen)	81
Tab. 5.13 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Jahreszeit auf den Bodensamenvorrat von <i>Senna obtusifolia</i> mit dem ANOVA-F-Test	82
Tab. 5.14 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Monat auf die Entwicklung der Samenbank von <i>Senna obtusifolia</i> mit dem ANOVA-F-Test (1996)	85
Tab. 5.15 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Monat auf die Entwicklung von <i>Senna obtusifolia</i> mit dem ANOVA-F-Test	86
Tab. 5.16 Rohrnährstoffgehalte von <i>S. obtusifolia</i> -Blättern (STEINGAB pers. Mitteil. 1995)	89
Tab. 5.17 Rohrnährstoff- und Tanningehalte von <i>Senna obtusifolia</i> -Blättern, -Hülsen und -Samen (NASTIS pers. Mitteil. 1996)	90
Tab. 5.18 Rohrnährstoffe und Verdaulichkeit von Blattmaterial von <i>Senna obtusifolia</i> (Mopti-Region, Mali; EL HADJ <i>et al.</i> 2005) und <i>Zornia glochidiata</i> (Zamfara, Nigeria; SCHÄFER & NASTIS pers. Mitteil. 1996) zu unterschiedlichen Jahreszeiten	92
Tab. 6.1 Schätzungsklassen der Bodenbedeckung nach Daubenmire [%]	96

Tab. 6.2 Physikalische Eigenschaften von Bodenmischproben [%] und <i>pH</i> -Werte in drei Weideökotypen unter Berücksichtigung der <i>S. obtusifolia</i> -Pflanzendichte im Feld (1996)	99
Tab. 6.3 Chemische Eigenschaften von Bodenmischproben in drei Weideökotypen unter Berücksichtigung der <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzendichte im Labor (1996)	101
Tab. 6.4 Mittlere Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzen in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher <i>S. obtusifolia</i> -Dichte 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	104
Tab. 6.5 Unterschiede zwischen Weideökotyp und Verunkrautungsgrad in der Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> für Juni im F-Test für inhomogene Varianzen ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	105
Tab. 6.6 Unterschiede zwischen Weideökotyp und Verunkrautungsgrad in der Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> für August in der Varianzanalyse ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	105
Tab. 6.7 Unterschiede zwischen Weideökotyp und Verunkrautungsgrad in der Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> im Oktober im ANOVA-F-Test ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	105
Tab. 6.8 Mittlere Artenzahl der Krautschicht insgesamt in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	106
Tab. 6.9 Mittlere Artenzahl der Gräser in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	107
Tab. 6.10 Mittlere Artenzahl der Kräuter in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	107
Tab. 6.11 Mittlere Anzahl der Pflanzen der Krautschicht (Individuen) in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	108
Tab. 6.12 Mittlere Anzahl der Gräser (Individuen) in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	109
Tab. 6.13 Mittlere Anzahl der Kräuter (Individuen) in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	110
Tab. 6.14 Mittlere Anzahl wichtiger Gräser in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	111
Tab. 6.15 Mittlere Anzahl wichtiger Kräuter in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	112
Tab. 6.16 Mittlere Anzahl wichtiger Gräser und Seggen in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	113
Tab. 6.17 Mittlere Anzahl wichtiger Kräuter in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	114
Tab. 6.18 Mittlere Anzahl wichtiger Gräser in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )	115

Tab. 6.19 Mittlere Anzahl wichtiger Kräuter in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte (n = 5; 0,25 m <sup>2</sup> )	116
Tab. 6.20 Mittlere Wuchshöhen [cm] der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5)	120
Tab. 6.21 Mittlere Wuchshöhen [cm] von <i>Senna obtusifolia</i> in Flächen mit unterschiedlicher <i>S. obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5)	120
Tab. 6.22 Vergleich der Wuchshöhen von Krautschicht und <i>Senna obtusifolia</i> in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher Unkrautdichte im <i>t</i> -Test für gepaarte Stichproben	122
Tab. 6.23 Vergleich der Wuchshöhen von Krautschicht und <i>Senna obtusifolia</i> in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher Unkrautdichte im <i>t</i> -Test für gepaarte Stichproben	122
Tab. 6.24 Vergleich der Wuchshöhen von Krautschicht und <i>Senna obtusifolia</i> in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher Unkrautdichte im <i>t</i> -Test für gepaarte Stichproben	122
Tab. 6.25 Schätzung des Bodenbedeckungsgrads [%] der Vegetation in Flächen mit unterschiedlicher <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m <sup>2</sup> )	124
Tab. 6.26 Bodenbedeckungsgrad von <i>S. obtusifolia</i> [%] nach Daubenmire in drei Weideökotypen im Verlauf der Vegetationsphase 1996 im ANOVA-F-Test (n = 20; 0,25 m <sup>2</sup> )	128
Tab. 7.1 Vergleich der <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1994 in den Vorversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test (n = 39; 0,25 m <sup>2</sup> )	137
Tab. 7.2 Vergleich der <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1995 in den Vorversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test (n = 39; 0,25 m <sup>2</sup> )	137
Tab. 7.3 Vergleich der <i>Senna obtusifolia</i> -Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1996 in den Vorversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test (n = 39; 0,25 m <sup>2</sup> )	138
Tab. 7.4 Anzahl der Anwendungen und Parzellen (n) der einzelnen Behandlungen in drei Weideökotypen im Hauptversuch 1994	141
Tab. 7.5 Entwicklung von <i>Andropogon gayanus</i> in den Versuchsflächen der offenen und der geschützten Savanne im Vergleich zu <i>Senna obtusifolia</i> -Keimpflanzen und wachsenden <i>S. obtusifolia</i> -Pflanzen von 1994-96 in den gleichen Flächen (n = 3; 0,25 m <sup>2</sup> )	153
Tab. 7.6 Anzahl von <i>Andropogon gayanus</i> und <i>Senna obtusifolia</i> in der offenen und geschützten Savanne (Rangkorrelation nach Spearman; n = 3; 0,25 m <sup>2</sup> )	154
Tab. 7.7 Entwicklung von <i>Pennisetum pedicellatum</i> in den Versuchsflächen der offenen und der geschützten Savanne im Vergleich zu <i>Senna obtusifolia</i> -Keimpflanzen und wachsenden <i>S. obtusifolia</i> -Pflanzen von 1994-96 in den gleichen Flächen (n = 3; 0,25 m <sup>2</sup> )	155
Tab. 7.8 Anzahl von <i>Pennisetum pedicellatum</i> und <i>Senna obtusifolia</i> in der offenen und geschützten Savanne (Rangkorrelation nach Spearman; n = 3; 0,25 m <sup>2</sup> )	156

Tab. 7.9 Vergleich der <i>S. obtusifolia</i> -Dichte im November 1994 und November 1995 in den Hauptversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test ( $n = 108$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	158
Tab. 7.10 Vergleich der <i>S. obtusifolia</i> -Dichte im November 1994 und Oktober 1996 in den Hauptversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test ( $n = 108$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	158
Tab. 7.11 Zusammenhang von phänologischen Stadien von <i>Senna obtusifolia</i> und prinzipiellen Möglichkeiten der Bekämpfung (HIDEUX 1984, ANNING <i>et al.</i> 1989, GREAVES 1993, SKEA 1996d)	160
Übersicht 3 Systematik von <i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby	28

### Verzeichnis der Abbildungen im Text

Abb. 2.1 Lage des Zamfara-Weidegebiets im Nordwesten Nigerias (nach FS 1959, ABDU <i>et al.</i> 1982, cf. FELSMANN <i>et al.</i> 1994)	4
Abb. 2.2 Kartenskizze des Zamfara-Weidegebiets (nach LELY 1918 zit. in BIELFELDT 1993a) mit Kennzeichnung der Lage der Versuchsflächen nahe der Station Faru	5
Abb. 2.3 Vegetationsstruktur und Landnutzung im Zamfara-Weidegebiet (vereinfacht nach HOF 2000)	6
Abb. 2.4 Mittlere Tageslufttemperaturen und relative Luftfeuchte im nördlichen Teil des Zamfara-Weidegebiets von Januar 1993 bis Dezember 1996 (Monatsmittel aus täglicher Messung, Station Gidan Jaja)	8
Abb. 2.5 Verteilung der Monatsniederschläge [mm] 1993-96 in Faru, nördliches Zamfara	9
Abb. 3.1 Verbreitung von <i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby und <i>S. tora</i> (L.) Roxburgh (nach ILDIS 2001)	31
Abb. 3.2 <i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby (nach RANDELL 1988, NRM 2001b)	32
Abb. 5.1 Schema der Ermittlung der Samenbank von <i>Senna obtusifolia</i> (gültig für alle Versuchspartzellen, $3 \text{ m}^2$ )	69
Abb. 5.2 Schema der Parzelle der Biologiestudie mit Markierung der Messpunkte [ $25 \text{ m}^2$ ]	71
Abb. 5.3 <i>Senna obtusifolia</i> -Bodensamenvorrat in drei Weideökotypen [ $25 \times 25 \times 10 \text{ cm}$ ] von Oktober 1993 ( $n = 13$ ) und Mai 1994 bis Oktober 1996 ( $n = 25$ )	82
Abb. 5.4 Vergleich der Summen der Bodensamenvorräte von <i>Senna obtusifolia</i> zu Beginn und zum Ende der Trockenzeit in drei Weideökotypen [ $25 \times 25 \times 10 \text{ cm}$ ] im Mittel von Oktober 1993 ( $n = 10$ , $n_0 = 3$ ) und Mai 1994 bis Oktober 1996 ( $n = 15$ , $n_0 = 10$ )	84
Abb. 5.5 Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> -Samen im Boden über eine Vegetationsperiode (1996) in der offenen und geschützten Savanne ( $n = 5$ ; $25 \times 25 \times 5 \text{ cm}$ )	84

Abb. 5.6 Keim- (2-Blattphase) und wachsende <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzen in drei Weideökotypen 1995 und 1996 (Mittelwerte aus 2 Jahren, $n = 5$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	86
Abb. 5.7 Phänologische Entwicklung von <i>Senna obtusifolia</i> im Jahresverlauf (leere Symbole: Keimung und Wachstum bei Niederschlag bzw. Laub bis Anfang November noch grün)	88
Abb. 6.1 Vergleich der Vegetation der Krautschicht in drei Weideökotypen im Mittel 1996: Abundanz Relation zum unbedeckten Boden und Wuchshöhe ( $n = 5$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	126
Abb. 6.2 Bodenbedeckungsgrad von <i>Senna obtusifolia</i> [%] nach Daubenmire in drei Weideökotypen im Verlauf der Vegetationsphase 1996 ( $n = 20$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	127
Abb. 7.1 Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzen insgesamt in den Jäte- und Schnittvarianten ( $n = 5$ , $n_0 = 3$ ; $0,25 \text{ m}^2$ ) in der offenen (A) und in der geschützten (B) Savanne in den Parzellen des Vorversuchs 1993-96	133
Abb. 7.2 Anzahl von <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzen insgesamt in den Jäte- und Schnittvarianten ( $n = 5$ , $n_0 = 3$ ; $0,25 \text{ m}^2$ ) in der kultivierten Savanne in den Parzellen des Vorversuchs 1993-96	135
Abb. 7.3 Mittlere Anzahl <i>Senna obtusifolia</i> in der offenen Savanne in den behandelten Flächen des Hauptversuchs ( $n = 57$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	144
Abb. 7.4 Mittlere Anzahl <i>Senna obtusifolia</i> in der geschützten Savanne in den behandelten Flächen des Hauptversuchs ( $n = 57$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	145
Abb. 7.5 Mittlere Anzahl <i>Senna obtusifolia</i> in der kultivierten Savanne in den behandelten Flächen des Hauptversuchs ( $n = 51$ ; $0,25 \text{ m}^2$ )	145
Abb. 7.6 Anzahl <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzen insgesamt in den Jätevarianten ( $n_{1-3} = 6$ , $n_m = 3$ , $n_0 = 6$ ; $0,25 \text{ m}^2$ ) in der offenen Savanne in den Parzellen des Hauptversuchs 1994	146
Abb. 7.7 Anzahl <i>Senna obtusifolia</i> -Pflanzen insgesamt in den Jätevarianten ( $n_{1-3} = 6$ , $n_m = 3$ , $n_0 = 6$ ; $0,25 \text{ m}^2$ ) in der offenen Savanne in den Parzellen des Hauptversuchs 1996	147



## 1 Einleitung

Die Sudansavanne in Nordwestnigeria ist entwicklungsgeschichtlich seit Jahrhunderten ein Gebiet, in dem sich Menschen und Tierherden konzentrieren (SMITH 1992, BERTAUX 1998, NAGEL 2002). Ackerbau und Tierhaltung als Selbstversorgung sind die Schwerpunkte der Landwirtschaft (DESANKER & MAGADZA 2001). Beide Systeme stehen in enger Wechselwirkung zu einander. Einerseits liegen Integrationsansätze z.B. die nächtliche Kralhaltung auf den Feldern mit Dungversorgung zu Beginn der Feldbestellung sowie die Stoppelbeweidung nach der Ernte vor. Zum anderen stehen sie in Konkurrenz, wenn es z.B. um die Ausdehnung von Flächen für die ackerbauliche Nutzung geht, da dies zu einer Verknappung der Weideflächen führt (HOROWITZ 1986, SWOBODA 1994, MOHAMMED 2000, OMOLEHIN 2005). Die Sudansavanne gilt saisonal als Zuwanderungsgebiet, das durch die geregelte Herdenbewegung der transhumanten Tierhalter gekennzeichnet ist (MOHAMMED 1974, BERNUS 1986, SEPP & KRETZDORN 1991, STURM 1993). Besonders in Jahren der Trockenheit bzw. in politischen Krisensituationen kann es, ausgehend vom nördlich angrenzenden Sahel, zu erheblichen Immigrationsprozessen an Menschen und Tieren kommen (KUNDERMANN 2000).

Das Zamfara<sup>3</sup>-Forstschutzgebiet wurde 1916 gegründet und eine ackerbauliche Nutzung außerhalb von vier Enklaven per Gesetz ausgeschlossen. Große und zusammenhängende Flächen mit Savannenvegetation blieben erhalten. Mit der Schaffung des „Zamfara Range Management“-Projekts Anfang der 60er Jahre wurde das Beweiden mit Haustierherden legalisiert (ABDU *et al.* 1982, SKEA 1996d). Stetige Ausdehnung von Ackerflächen, hohe Besatzdichten von Nutztieren auf kleiner werdenden Weideflächen, Ausbleiben von Schonzeiten wegen der Zunahme sesshafter Tierhaltung und eine Übernutzung der Gehölze durch Holzeinschlag und Futtergewinnung bei unzureichender Naturverjüngung durch Verbiss lassen innerhalb des Zamfara-Weidegebiets Savannenflächen im Extremfall bis zur Desertifikation degradieren oder durch Kultivierung verschwinden (COLLIER & DUNDAS 1937, MOHAMMED 1974, HOFFMANN 1998, SCHÄFER 1998). Auf Grund des zunehmenden Drucks auf das Savannenökosystem, kommt es zur Ausbreitung von Segetalfloren, die vor allem durch die Art *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (*Fabaceae: Caesalpinioideae*) vertreten werden. Diese Pflanze ist hervorragend an den Standort angepasst und gilt als erfolgreiches und schwer zu bekämpfendes Weideunkraut (HOLM *et al.* 1997, MACKEY *et al.* 1997).

---

<sup>3</sup> Geschichte des Hausa-Staats Zamfara: cf. KRIEGER (1959) HOGBEN & KIRK-GREENE (1966: 369ff.) JOPP (1968) BERTAUX (1998) LANGE (2004); der heutige Bundesstaat Zamfara wurde am 01.11.1996 gegründet

Ein von der EU seit 1989 gefördertes Projekt Nigerias, mit Partnern aus Äthiopien, Großbritannien und Italien, das „SEP“-Programm (Sokoto Environmental Protection Programme), wählte als Standort für die Abteilung „Livestock and Range Management“ das Zamfara-Weidegebiet aus. Es sollten Maßnahmen zur Sicherung einer nachhaltigen Produktion sowie einer stabilen Umwelt durchgeführt werden. Diese sollten mittels Steigerung der Weidequalität durch Etablierung einer Savannenflora unter Nutzbarmachung des autochthonen Pflanzenpotentials sowie Ansaat von geeigneten Futterpflanzen erreicht werden. Die Usman-Dan’ Fodiyo-Universität<sup>4</sup> Sokoto (Nigeria) und die Justus-Liebig-Universität Giessen (Deutschland) begannen 1992 mit Untersuchungen in der Sudansavanne im Nordwesten Nigerias (Linkage: „Range Development and Camel Studies“). Die Aristoteles-Universität Thessaloniki (Griechenland) beteiligte sich an diesem Programm, das von der Europäischen Union gefördert und finanziell unterstützt wurde (STD-3: „Range Development in the endangered Sudan Savanna in Sokoto State, Nigeria“). Dabei ging es insbesondere um die Erfassung des aktuellen Standes und das Aufzeigen kritischer Bereiche der Ressourcennutzung im Zamfara-Weidegebiet. Es sollten Ansätze zur Problementschärfung bzw. -lösung entwickelt und geprüft werden mit dem Ziel der Erhaltung der natürlichen Grundlagen für eine ökologisch angepasste und nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung. Des Weiteren sollten Bewirtschaftungsmaßnahmen gefunden werden, die durch eine Intensivierung der Landnutzung einer wachsenden Bevölkerung die Lebensgrundlage sichern. Bei der Umsetzung dieser Maßnahmen gilt es jedoch die Vorteile sorgfältig gegen eventuelle Nachteile abzuwägen (DUDECK 1987, MENSCHING 1990).

Der Forschungsbedarf für die vorliegende Dissertation ergab sich aus einem Katalog, den die Dan’Fodiyo-Universität Sokoto und das „SEP“-Programm gemeinschaftlich erarbeiteten. Auf Grund einer einleitenden Erfassung der Savannenvegetation wurde deutlich, dass eine Untersuchung zur Ökologie und Kontrolle von *S. obtusifolia* notwendig war (AWODOLA *et al.* 1992/93). Diese Forschungsarbeit steht in Zusammenhang und Übereinstimmung mit der von der FAO (1969: 12-13) und den Anrainerstaaten der Sudanregion anerkannten und erklärten Notwendigkeit für Langzeitstudien über die „Beschreibung der Flora und Studien zur Zusammensetzung und Dynamik von Pflanzengesellschaften“.

---

<sup>4</sup> benannt nach Osman dan Fodio (1754-1818), einem moslemischen Fulbe-Reformer (*cf.* BERTAUX 1998: 89ff.)

## 2 Standortbeschreibung

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Die vorliegende Untersuchung wurde im Zamfara-Weidegebiet im Osten des heutigen Bundesstaats Zamfara im Nordwesten Nigerias durchgeführt (Abb. 2.1-2.2). Dieser einst dichtbevölkerte Teil des Zamfara Gebiets war seit den Fulbe-Kriegen zu Beginn des 19. Jahrhunderts über 100 Jahre unbewohnt (KEAY 1949, KRIEGER 1959). Daraufhin wurde im Jahre 1916 das Gebiet von der britischen Kolonialverwaltung als Zamfara-Forstschutzgebiet deklariert (AWETO 1991, HASSAN 2000). In den sechziger Jahren wurde im Gebiet des Zamfara-Forstschutzgebiets, in Absprache mit der Forstbehörde, das „Zamfara Range Management Project“ gestartet. Auf einer Fläche von 2100 km<sup>2</sup> wurden in Zusammenarbeit mit USAID verschiedene Maßnahmen wie die Einzäunung und Verbesserung von Weiden, Tränkwasserbereitstellung durch Dämme, Tierkennzeichnung und -vakzination *etc.* untersucht (ABDU *et al.* 1982). Obwohl das hauptsächliche Interesse der Schaffung und des Schutzes der Weiden gilt, ist bis heute eine offizielle Umbenennung in Zamfara-Weidegebiet nicht schriftlich erfolgt (GEFU 1994). Dennoch wurde die Bezeichnung Zamfara-Weidegebiet („Zamfara Grazing Reserve“) vielfach übernommen (AWODOLA *et al.* 1992/93, DIKKO *et al.* 1993, BAUMANN 1995, SKEA 1996d).

Aus agrar-ökologischer Sicht ist das Zamfara-Weidegebiet durch kleinbäuerliche Landwirtschaft und Pastoralismus (JOHNSON 1975, *cf.* CAMPBELL *et al.* 1999) gekennzeichnet. Innerhalb dieses Gebiets leben etwa 30000 sesshafte Subsistenzbauern, überwiegend Hausa<sup>5</sup>, und transhumante Hirten, vor allem Fulbe<sup>5</sup> (SHINKAFI *et al.* 1998). Dieselben Autoren gehen von einer Viehpopulation von *ca.* 1 Mio. Tieren aus. Die Subsistenzlandwirtschaft, insbesondere Perlhirse, *Pennisetum* spp., und Erdnuss, *Arachis hypogaea* Linn. (PAPADAKIS 1965), wird hauptsächlich in den vier Enklaven, nämlich Dumburum, Shamashalle, Tsabre und Aja, betrieben. Die Bewohner weiterer Dörfer, wie Gidan Jaja, Faru und Kwashebawa im Norden sowie der *ca.* 50 Siedlungen am Westrand außerhalb des Weidegebiets bauen illegal landwirtschaftliche Kulturen im Schutzgebiet an. Einerseits konkurrieren Ackerbauern und Tierhalter um knapper werdendes Weideland, was zu Konflikten zwischen den Ethnien führt. Andererseits profitieren beide Gruppen auch von Vorteilen, die derartige Landnutzungssysteme

---

<sup>5</sup> STENNING (1959) KIRK-GREENE & SASSOON (1963) HIRSCHBERG (1965) HOGBEN & KIRK-GREENE (1966) SCHWARZ (1965) KANE (1971) ANDREW BARING & LITT (1974) ADAMU (1976) LINDIG (1986) BROZINSKY-SCHWABE (1988) GORDON (1988) KRAMER *et al.* (1989) ACKERMANN *et al.* (1990) GEROSA (1990) BECKER (1992) HARMS *et al.* (1992) KNAPPERT (1997) BUHL (1998) HAMPSHIRE & RANDALL (1998) KYIOGWOM &

mit sich bringen. Hier zu erwähnen wäre die Nutzung von Stoppelfeldern in der Trockenzeit durch Weidetiere und die damit verbundene Einbringung von Tierdung in den Boden (cf. SWOBODA 1994, HOFFMANN 1998, MOHAMMED 2000, OMOLEHIN 2005).

### 2.1.1 Lage

Das Forschungsgebiet grenzt administrativ im Osten an den Bundesstaat Katsina (mit Anschluss an das Runka-Forstschutzgebiet) und im Norden an die Republik Niger (FS 1959, AWETO 1991; cf. Karten Abb. 2.1 und 2.2).

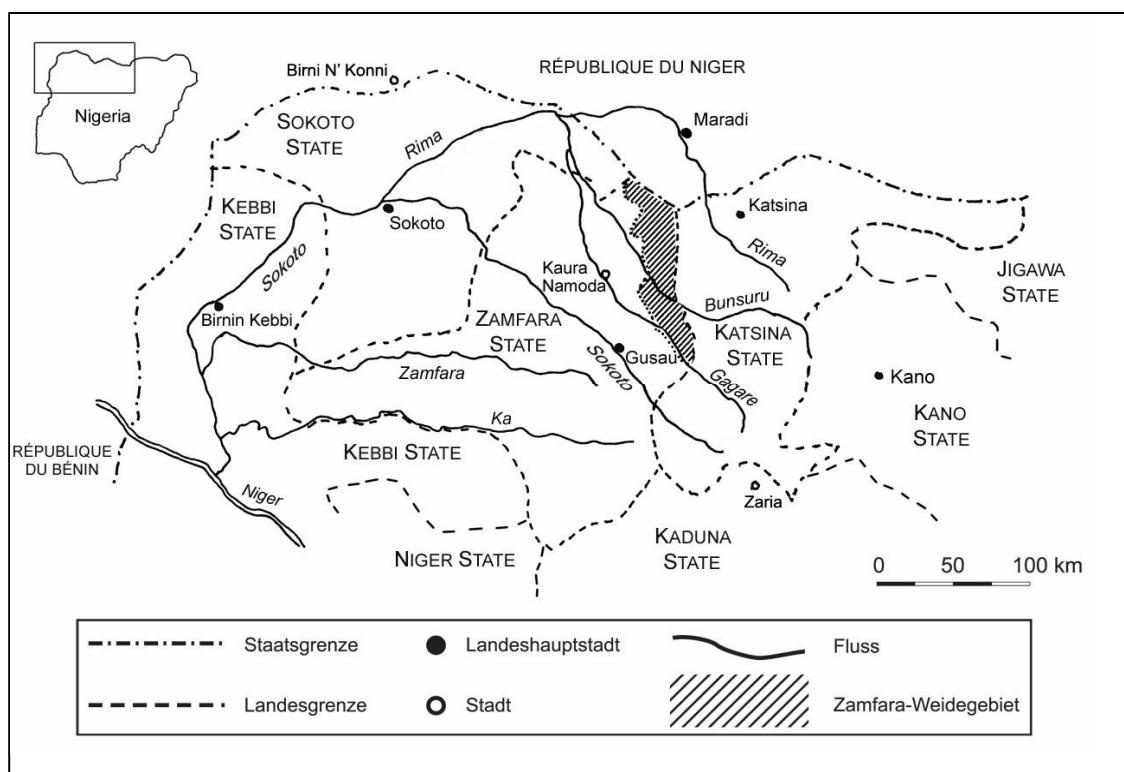


Abb. 2.1 Lage des Zamfara-Weidegebiets im Nordwesten Nigerias (nach FS 1959, ABDU *et al.* 1982, cf. FELSMANN *et al.* 1994)

Die geographischen Koordinaten sind 6° 30' und 7° 15' östlicher Länge und 12° 10' und 13° 05' nördlicher Breite. In der orographischen Großregion des Sudan gelegen, stößt das Zamfara-Weidegebiet im Norden an das Dallol-Bosso-Becken. Im Nordwesten wird es von der Munio-Schwelle begrenzt. Der zentrale und südliche Teil erstreckt sich in die Oberguinea-Schwelle (JOPP 1968, WAGNER 1971). Die Höhenlage wird mit etwa 450 m über NN

angegeben (ABDU *et al.* 1982). Die Gesamtfläche beläuft sich auf 2355 km<sup>2</sup>. Die maximale Nord-Süd-Entfernung beträgt *ca.* 120 km, während die größte Ost-West-Ausdehnung 30 km misst (SCHÄFER 1998, HASSAN 2000). Die Untersuchungen zur Biologie und Kontrolle von *S. obtusifolia* fanden in der Umgebung der Staatsfarm Faru<sup>6</sup> im nördlichen Teil des Zamfara-Weidegebiets statt (13° n. Br.).

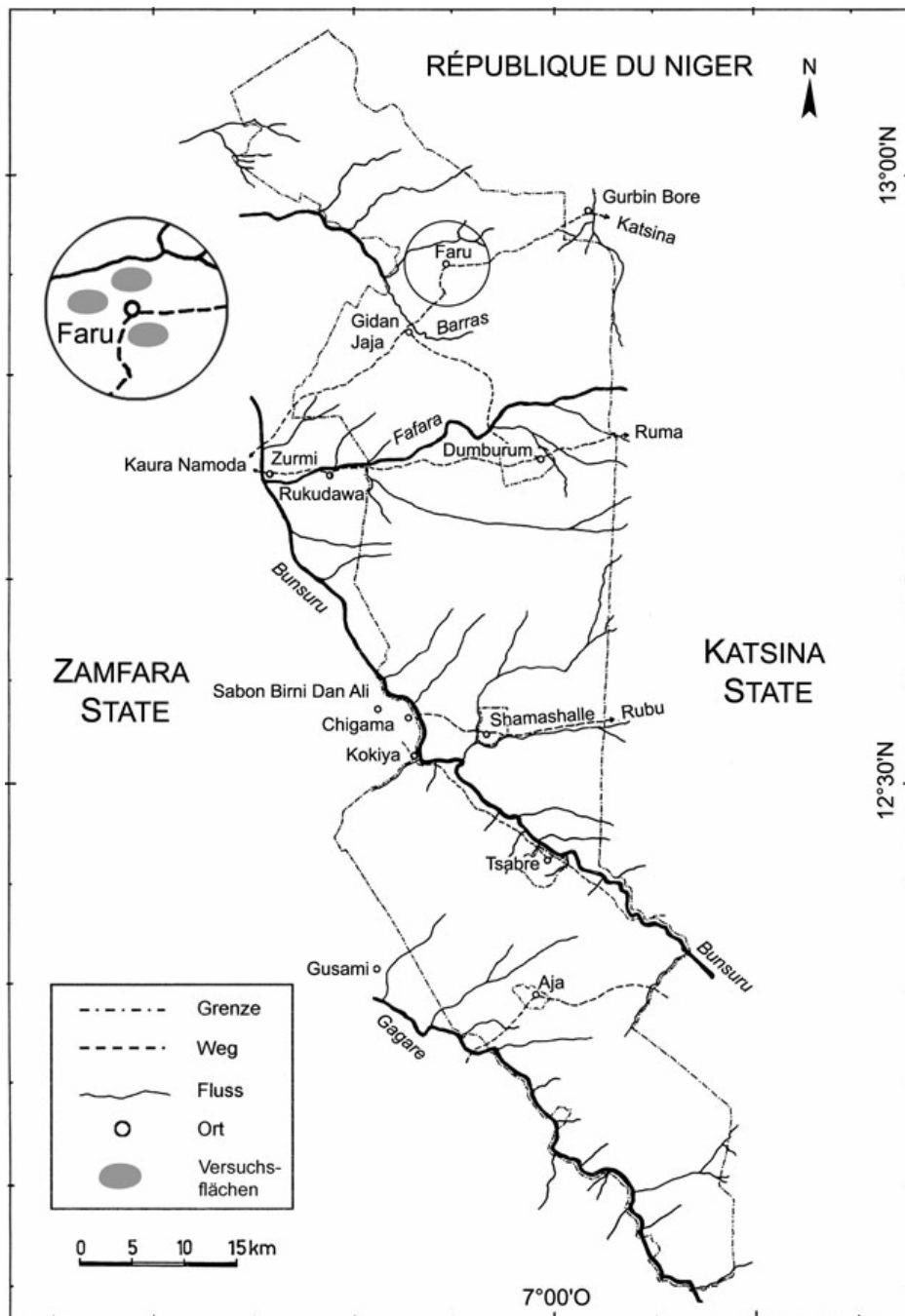


Abb. 2.2 Kartenskizze des Zamfara-Weidegebiets (nach LELY 1918 zit. in BIELFELDT 1993a) mit Kennzeichnung der Lage der Versuchsfelder nahe der Station Faru

<sup>6</sup> Hausa (Tschado-Hamitische Sprachen): *Lannea* spp. (*Anacardiaceae*); laubabwerfende Baumarten (BIELEFELDT 1993b-c)

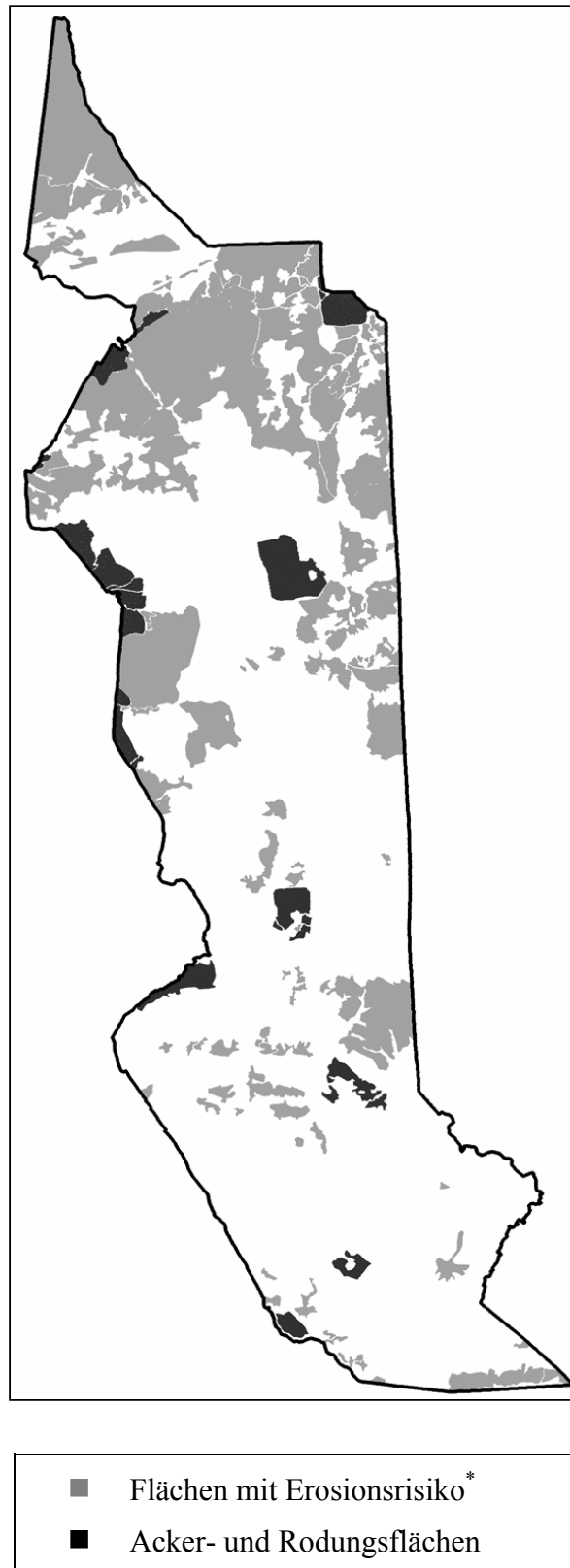


Abb. 2.3 Vegetationsstruktur und Landnutzung im Zamfara-Weidegebiet (vereinfacht nach HOF 2000)

\* 1. offenes Savannengrasland  $\pm$  ohne Gehölze, Flächenerosion; 2. kleinflächiger Wechsel von 1. und offenem Savannengrasland mit kleinen Gruppen von Gehölzen (*Combretaceae*, *Adansonia digitata*); 3. kleinflächiger Wechsel von 1. und Savannengrasland mit unregelmäßiger Verteilung von Gehölzen sowie offenem Grasland.

### 2.1.2 Klima

Das Klima im Zamfara-Gebiet wird als tropisch-wechselfeucht (Aw nach KÖPPEN 1931) bzw. semi-arid charakterisiert (GANSSEN 1968, BERRY 1975, NIX 1983, CAMPBELL *et al.* 1999). Der Äquatorial-Trog und die intertropische Konvergenz-Zone bestimmen das Wetter maßgeblich (GRIFFITHS 1972a, OLADIPO 1988).

Die jährliche Sonneneinstrahlung liegt zwischen 185-270 W m<sup>-2</sup> (BASHIR 1994). Die Anzahl der jährlichen Sonnenscheinstunden wird mit 2800 h angegeben (LANDSBERG *et al.* 1965). Das Temperaturmittel der Region beträgt 27,5 °C (JACKSON 1961, KOWAL & KASSAM 1978, ARNBORG 1988). Aus Tabelle 2.1 können die Werte langjähriger Temperaturmessungen einiger, dem Zamfara-Weidegebiet vergleichbarer Standorte, entnommen werden.

Tab. 2.1 Mittlere Lufttemperaturen [°C] an verschiedenen Stationen nahe dem Zamfara-Weidegebiet (WALTER *et al.* 1960, JACKSON 1961, PAPADAKIS 1965, RUDLOFF 1981)

Station geographische Breite	Maradi 13° 47' n. Br. <sup>1</sup>	Sokoto 13° 02' n. Br.	Katsina 13° 02' n. Br.
Jahresmittel	27,0	28,1	25,4
Minimum des kältesten Monats	12,5	15,3	12,1
Maximum des wärmsten Monats	n.e. <sup>2</sup>	40,5	38,7

<sup>1</sup> nördliche Breite; <sup>2</sup> nicht ermittelt

Für das nördliche Zamfara-Gebiet liegt der Temperaturmittelwert bei 27 °C (NEW *et al.* 2002, HOF pers. Mitteil. 2003) mit einem Jahresminimum von 19,7 und -maximum von 33,6°C (DFS 1959a). Das absolute Temperaturminimum betrug im Januar 12 °C und das absolute Maximum wurde im April mit 40 °C angegeben (SKEA pers. Mitteil., Messdaten Gidan Jaja 1996; cf. weitere Klimadaten Tab. A2.1-2.2).

Die relative Luftfeuchte beträgt für die Station Sokoto im Jahresmittel 50% (GRIFFITHS 1972b). Auf der Station Gidan Jaja, 8 km südwestlich von Faru, wurden die Lufttemperatur und -feuchte gemessen. Die Messwerte für die Temperatur stehen in Übereinstimmung mit den von WESTERMANN (1971) angegebenen langjährigen Daten für die Station Sokoto. Die Luftfeuchte lässt in ihrer Tendenz Rückschlüsse auf das Niederschlagsregime zu (Abb. 2.4). Im Anhang sind die Messdaten der mittleren Tagestemperatur und der relativen Luftfeuchte für die Station Gidan Jaja von 1993-96 abgebildet (Abb. A2.1).

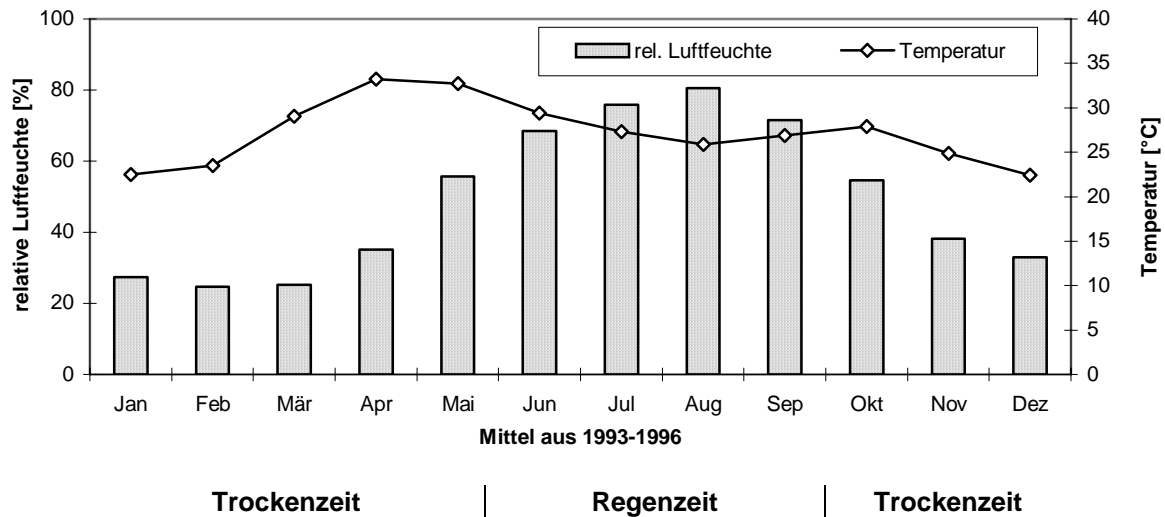


Abb. 2.4 Mittlere Tageslufttemperaturen und relative Luftfeuchte im nördlichen Teil des Zamfara-Weidegebiets von Januar 1993 bis Dezember 1996 (Monatsmittel aus täglicher Messung, Station Gidan Jaja)

Die Bodentemperatur spielt z.B. bei der Keimung und für das Wurzelwachstum eine Rolle. Des Weiteren hat sie Einfluss auf den Mineralisationsprozess der organischen Substanz. Für den Norden Zamfaras liegen keine Daten vor. Langjährige Messungen der Bodentemperatur für die Station Gusau (repräsentativ für das südliche Zamfara-Gebiet) in verschiedenen Bodentiefen sind in Tabelle 2.2 zusammengefasst. Die Tiefstwerte wurden im Januar und die Höchstwerte im Mai gemessen (KOWAL & KASSAM 1978).

Tab. 2.2 Mittlere Bodentemperaturen [°C] gemessen in unterschiedlichen Bodentiefen [cm] in Gusau (12° 17' n. Br.; KOWAL & KASSAM 1978)

Bodentiefe	Januar	März	Mai	Juli	September	November	$\bar{x}$
30	24,5	30,5	32,9	29,6	27,5	27,1	28,7
120	27,2	29,7	31,9	29,5	28,4	28,7	29,2

Das Forschungsgebiet liegt in der Zone der tropischen Sommerregen (WALTER 1975, WALTER & BRECKLE 1983, 1984). Die ihrem Auftreten nach als unimodal bezeichnete Regenzeit dauert von Ende Mai bis Ende September (KOWAL & DAVIES 1974, AGBOOLA 1979). In diesem Zeitraum weht der Wind überwiegend aus dem Süden oder Südwesten (PERKINS & STEMBRIDGE 1962). Der Jahresniederschlag im Norden des Zamfara-Weidegebiets liegt zwischen 500-750 mm (JACKSON 1961, UDO 1978, MEP 1981, NEW *et al.* 2002, HOF pers. Mitteil. 2003). Das Niederschlagsmaximum wird mit *ca.* 230 mm im August erreicht (WESTERMANN 1971, NEW *et al.* 2002, HOF pers. Mitteil. 2003). Die Niederschläge



sind räumlich wie zeitlich sehr variabel (PEYRE 1986, SHINODA & IWASAKI 1989, LEBEL *et al.* 1997). Für die Region werden Schwankungen der Niederschlagsmengen von 30% angegeben (ROYEN 1954, JENKINSON 1973/74, GBUIRO *et al.* 2001). Die Jahresniederschlagsmengen für die Station Faru für die Jahre 1993 bis 1996 sind aus Tabelle 2.3 ersichtlich. Dabei fallen die Unterschiede zwischen den Beobachtungsjahren auf. Das Jahr 1994 war relativ feucht, während die Jahre 1993 und 1995 eher trocken waren.

Tab. 2.3 Niederschläge [mm] der Station Faru (12° 55' n. Br.<sup>1</sup>), nördliches Zamfara-Gebiet (Januar 1993 bis Dezember 1996)

1993	1994	1995	1996	Jahresmittel
495	973	479	669	654

<sup>1</sup> nördliche Breite

Die Niederschläge der Jahre 1993 bis 1996 in Faru korrespondieren mit den für die Region angegebenen langjährigen Niederschlagsmengen und deren Schwankungen von 500-800 mm (DFS 1959a, PAPADAKIS 1965, JIYA 1974, PEYRE 1986). Aus Abbildung 2.5 sind die monatlich anfallenden Niederschläge, gemessen auf der Station Faru für die Jahre 1993 bis 1996, ersichtlich (in Tab. A2.1 und Abb. A2.2: Verteilung der Monatsniederschläge in den einzelnen Jahren).

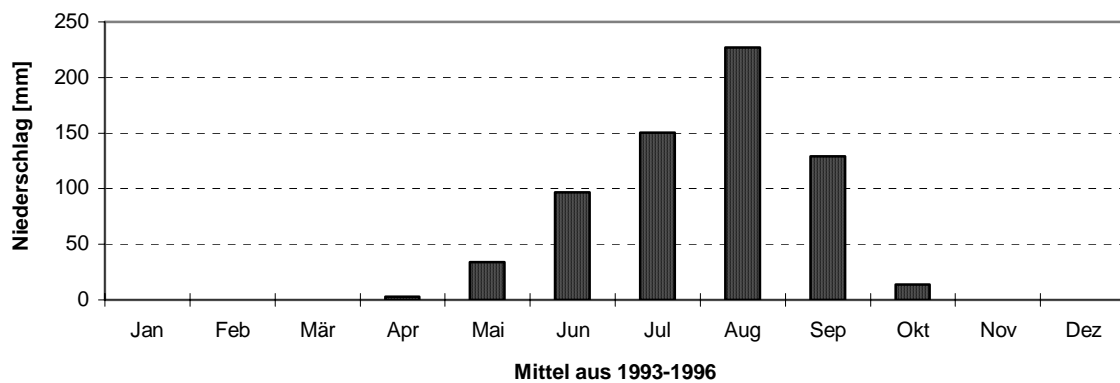


Abb. 2.5 Verteilung der Monatsniederschläge [mm] 1993-96 in Faru, nördliches Zamfara

Während der Regenzeit treten gelegentlich Stürme auf (GRIFFITHS 1972b, RUDLOFF 1981). Nach KOWAL & KASSAM (1978) kommt es insbesondere zu Beginn der Regenzeit zu Erosionserscheinungen durch heftige Regenstürme, da dann die Vegetationsdecke noch nicht geschlossen ist. Die Energieladung solcher Regenstürme wird im Mittel mit  $38 \text{ J m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$  im

Jahr angegeben. Die Autoren stellen fest, dass Regenfälle mit  $> 20$  mm Niederschlag zur Erosion führen.

Von Oktober bis Mitte Mai kommt es zu einer ausgeprägten Trockenzeit (SARDA 1989), in der kein Pflanzenwachstum stattfindet. Man unterscheidet eine kühle (Dezember bis Februar) und eine heiße Trockenzeit (März bis Mai). Während der trockenen Periode, unter atmosphärischem Hochdruckeinfluss, ist die vorherrschende Windrichtung Nordost (PERKINS & STEMBRIDGE 1962, TIAN 2001). Dieser trockene Wind (Harmattan) bringt von Dezember bis März Staubfrachten aus dem Tschadbecken (UDO 1970, MCTAINSH 1985). Die jährliche Staubablagerung wird für Kano mit *ca.*  $160 \text{ t km}^{-2}$  angegeben, was einen positiven Beitrag an Sedimenten für die Savannenböden bedeutet. Kurz vor Beginn der Regenzeit ist jedoch die Gefahr von Winderosion durch trockene Stürme hoch (MCTAINSH 1985, STERK & RAATS 1996). Die klimatisch und topographisch bedingten Verluste an losem Bodenmaterial werden für die Region von Zamfara auf jährlich  $1000\text{-}2000 \text{ t km}^{-2}$  geschätzt (D'HOORE 1964).

Der für das Pflanzenwachstum ausschlaggebende Faktor in den semi-ariden Tropen ist die Wasserversorgung (BLAIR-RAINS 1986). Eine bio-klimatische Studie mit den dazugehörigen Komponenten des Wasserhaushalts wurde von KOWAL & KASSAM (1978) für die Sudanszone erstellt. Die Ergebnisse dieser langjährigen Datenerhebung sind in Tabelle 2.4 zusammengefasst. Entlang der nördlichen Grenze der Sudansavanne (entspricht dem nördlichen Teil des Zamfara-Gebiets) kommt es trotz einer hohen potentiellen Evapotranspiration mit  $1824 \text{ mm}$  im Jahr und einem jährlichen Wasserdefizit von  $1380 \text{ mm}$ , in den Monaten Juli und August zu humiden Verhältnissen (*cf.* PAPADAKIS 1965, BERRY 1975). Der damit verbundene Wasserüberschuss infiltriert in das Grundwasser oder fließt oberirdisch ab.

Tab. 2.4 Wasserhaushaltskomponenten innerhalb der Sudansavanne (Breite der klimatischen Zone *ca.*  $240 \text{ km}$ , nach KOWAL & KASSAM 1978)

Komponente	Einheit	nörtl. Grenze	südl. Grenze	Sudansavanne
Niederschlag	[mm]	600	880	740
potentielle Evapotranspiration ( $E_t$ )	[mm]	1824	1667	1746
Wasserdefizit	[mm]	1380	1089	1235
Wasserüberschuss	[mm]	159	299	229
Grundwasserspeicherung	[mm]	79	207	143
Dauer der Regenzeit	[d]	90	132	100
Dauer der Wachstumszeit	[d]	109	155	132

Keiner der Flüsse im Zamfara-Gebiet führt ganzjährig Wasser (DIKKO *et al.* 1993). Alle Flüsse und Bäche der Region gehören zum Einzugsgebiet des Rima, welcher der Gegend östlich von Sokoto den Namen Rimabecken gab (LEDGER 1961, UDO 1970, SARDA 1989). Sämtliche größeren Flüsse, wie der Bunsuru<sup>7</sup> und der Gagare, durchfließen das Gebiet von Südosten nach Nordwesten (*cf.* Karten, Abb. 2.1 und 2.2).

### 2.1.3 Geologie<sup>8</sup>

Präkambrisches Grundgestein, welches Ebenen von 200-400 m über NN formiert, bildet im zentralen und südlichen Teil des Weidegebiets die geologisch-stratigrafische Grundlage (ASGA 1963, HAUGHTON 1963, BUSER 1966, SARDA 1989, UTKE 1989). Es ist Bestandteil eines in Nord-Süd-Richtung verlaufenden orogenetischen Gürtels, dem Dahomey-Gürtel (JOPP 1968, TURNER 1971). Daraus ragen einzelne bis zu 850 m hohe Inselberge hervor, die aus Granit, Quarz und Gneis bestehen (HENNIG 1938, UDO 1970). Diese Inselberge sind in der Gegend von Tsabre besonders auffällig. Das Gestein gehört geologisch zu dem bis in das Mesozoikum bestehenden Gondwana-Kontinent (PERKINS & STEMBRIDGE 1962, DALLMEYER & LÉCORCHÉ 1991).

Die alten Kontinentalschilde wurden durch präkambrische Faltung orogenetisch geprägt (BEDERKE & WUNDERLICH 1968). Abtragungsprozesse und jüngere Sedimentablagerungen kennzeichnen dieses Gebiet (BUSER 1966, PULLAN 1970, UDO 1970, UNESCO 1971). Der nördliche Teil ist von kontinentalen Sedimenten bedeckt, die zur Gundumi-Serie gehören und deren Entstehung für die Kreidezeit datiert wird (KRENKEL 1938, LEDGER 1961, KOGBE & SOWUNMI 1975). Zerklüfteter Sandstein bildet im Norden häufig den Untergrund (LEDGER 1961, CTCA 1964, D'HOORE 1964, UDO, 1970).

Die geologischen Gegebenheiten haben großen Einfluss auf die Bodeneigenschaften. Die Primärformationen sind in geringen Bodentiefen (bis zu 10 cm) sehr unregelmäßig verwittert. Größtenteils ist die Oberfläche dieser Savannenregion von flachen Plateaus gekennzeichnet. Diese sind z.T. mit Lateritkrusten bedeckt und in letzter Zeit immer mehr der Erosion ausgesetzt (*cf.* FÖLSTER 1983, IBRAHIM 1998).

---

<sup>7</sup> Hausa (Tschado-Hamitische Sprachen): Ziegenbock

<sup>8</sup> *cf.* KNAPP (1966)

#### 2.1.4 Böden<sup>8</sup>

In den wechselfeuchten Tropen ist das Klima für die Prozesse der Bodenbildung bestimmend (GANSSEN 1957). Die rezente (zonale) Bodenbildung ist in erster Linie abhängig von der Bodenfeuchte und führt in feuchteren Gebieten (bzw. Perioden) der Trockensavannen zur Entwicklung von fersialitischen<sup>9</sup> Substraten (EITEL 2001, HORNETZ & JÄTZOLD 2003). Rotbraune und Rote Böden der Tropen („ferruginous tropical soils“ bzw. „sols ferrugineux tropicaux“) sind typische Böden in semi-ariden Savannen (FS 1961, GANSSEN & HÄDRICH 1965, REUTER 1992). Der Bodentaxonomie des USDA (1975) zufolge heißen die Böden Entisol, Inceptisol und Alfisol. Nach der Nomenklatur der FAO (1973, 1989) werden die Böden im Zamfara-Gebiet als Regosol<sup>10</sup>, Cambisol<sup>10</sup> und Luvisol<sup>10</sup> bezeichnet. Erstgenannte treten im Norden, Luvisole im zentralen und südlichen Teil des Zamfara-Gebiets auf (ENWEZOR 1989 zit. in IBRAHIM 1998). Als Regosole oder Lockersyroseme werden schwach entwickelte Böden aus Lockergestein über Festgestein bezeichnet. Sie wurden erst jüngst geformt und weisen eine grobe Textur auf. Cambisole bzw. Braunerden ändern ihre Farbe, Struktur und Textur als Ergebnis der Verwitterung. Diese sandigen Böden bilden den Oberboden (BUCHANAN & PUGH 1962), welchem häufig ein tonangereicherter Horizont folgt (PAYER 1998). Diese Kombination ist typisch für die Region. Dort, wo der Oberboden durch Erosion (Wind, Wasser) verloren gegangen ist, tritt die Tonschicht an die Oberfläche. Die Böden neigen zur Staunässe. Sie sind i.d.R. nährstoff- und ertragsarm, es fehlt an organischer Substanz, verfügbarem Phosphor und austauschbaren Kationen sowie an Puffervermögen. Kaolinit dominiert die Lehmfraktion, was z.B. eine geringe Wasserhaltefähigkeit zur Folge hat. Entlang der Flüsse kommen alluviale<sup>11</sup> Böden vor. Die Produktivität dieser Böden (Ertragskraft landwirtschaftlicher Kulturen) wird als niedrig bis sehr niedrig eingeschätzt, mit einem geringen bis mäßigen Entwicklungspotential (LWDD 1964a-b, GANSSEN 1965, SCHMITHÜSEN 1976, JAIYEBOA 1995).

Für die semi-ariden Braun- und Roterdeböden in Zamfara sind aus geomorphologischer Sicht fluviale Prozesse bei periodischem Abfluss, im Norden (rezent) bei episodischem Abfluss und Flächenspülung sowie äolische Prozesse kennzeichnend (JOPP 1968). Die Erosionsanfälligkeit dieser Böden ist somit ein wichtiges Kriterium. Landwirtschaftliche Kultivierung (insbesondere marginaler Flächen), Überweidung und periodisches Abbrennen der Pflanzendecke wir-

<sup>9</sup> Eisen- und Aluminiumanreicherung, Desilifizierung (EITEL 2001)

<sup>10</sup> griechisch: (rhegos) Decke; lateinisch: (cambiare) wechseln; lateinisch: (luvi) auswaschen (cf. EHWALD 1989)

<sup>11</sup> lateinisch: angeschwemmt (FITZPATRICK 1986, REUTER 1992, PAYER 1998, BLUME *et al.* 2002)

ken erosionsfördernd (STAMP 1938, THOMAS 1984, MENSCHING 1990). Von Juni bis August ist die Gefahr der Erosion durch Auswaschung am höchsten (KOWAL & KASSAM 1978, IBRAHIM 1998). In der Trockenzeit dominiert die Staubverfrachtung durch Winderosion (USMAN 1995).

Etwa 8 km nördlich von Faru (Beprobungsort) ist die Landschaft hügelig. Laut FAO-Nomenklatur wird der Boden als eutric<sup>12</sup> Cambisol angesprochen. Die Drainage der Böden wird als gut eingeschätzt (*cf.* GRITZNER 1988). Der Boden ist trocken und zeigt einen tiefen Grundwasserspiegel. Versalzungsprozesse konnten nicht festgestellt werden. Erosion ist in Form von Flächenerosion und einigen Gully-Formationen vorhanden. Beim Graben des Profils wurde ein flacher A<sub>h</sub>-Horizont<sup>13</sup> (0-7 cm) und darunter ein B<sub>v</sub>-Horizont<sup>14</sup> (8-60 cm) freigelegt. Es folgte ein R-Horizont mit viel Gesteinsmaterial, das ein weiteres Graben verhinderte. Die Textur des Bodens in den ersten beiden Horizonten wird als sandig angegeben (IBRAHIM 1998). Für die Station Faru sind in Tabelle 2.5 die wichtigsten Bodenmerkmale zusammengefasst.

Tab. 2.5 Physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens in unterschiedlichen Profiltiefen nahe der Station Faru (n = 3; IBRAHIM 1998)

Bodencharakteristikum	Einheit	A <sub>h</sub> -Horizont	B <sub>v</sub> -Horizont
Bodentiefe	[cm]	0-7	8-60
Korngrößenanteile: (Textur)		Sand	Sand
• Sand	[%]	90	88
• Schluff	[%]	4	5
• Ton	[%]	6	7
<hr/>			
pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	-	5,7	5,7
C <sub>org</sub> -Gehalt <sup>1</sup>	[mg g <sup>-1</sup> ]	8,0	4,8
N <sub>ges</sub> -Gehalt <sup>2</sup>	[mg g <sup>-1</sup> ]	0,86	0,55
verfügbares P <sup>3</sup>	[mg g <sup>-1</sup> ]	10,0	8,5
Kationenaustauschkapazität	[cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ]	5,2	4,8

<sup>1</sup> organischer Kohlenstoff; <sup>2</sup> Gesamtstickstoff; <sup>3</sup> Phosphat

Ergebnisse über Textur, Nährstoffgehalt und pH-Wert bestätigen die eingangs beschriebenen allgemeinen Bodenmerkmale für Trockensavannen (SCHOKALSKAJA 1953, REUTER 1992) und das Zamfara-Gebiet (SINGH *et al.* 1993).

<sup>12</sup> griechisch: (eutroph) gut nährend (REUTER 1992)

<sup>13</sup> humoser Mineralbodenhorizont

<sup>14</sup> durch Verwitterung verbraunter (oder verlehmt) Horizont

### 2.1.5 Vegetation<sup>15</sup>

Die Sudansavanne<sup>16</sup> ist allgemein ein Savannentyp, der sich bandartig von Senegal, Südmali, Burkina Faso, über Nordnigeria weiter bis in den südlichen Teil der Republik Sudan erstreckt und wird auch als Trockensavanne bezeichnet (DFS 1959b, SCHMITHÜSEN 1968, DEVRED 1969, VARESHI 1980, SCHOLES & WALKER 1993). Der Verlauf der Sudansavanne in seiner heutigen Ausdehnung wurde vor *ca.* 4000 Jahren durch Klimafaktoren determiniert (*cf.* HAMMEN 1983, ADAMS 1997). Die Feldstudien wurden in der nördlichen Sudansavanne durchgeführt, mit Übergängen in den Sahel nach Norden (AUBREVILLE 1958, FSD 1958, KEAY 1959, WHITE 1983, SOLBRIG 1996, RICHTER 2001). Die Sudansavanne entspricht einem klimatisch bedingten Vegetationsgürtel, d.h. sie verläuft (wie auch die Böden) entlang bestimmter Isohyeten (BOURLIÈRE & HADLEY 1983). Des Weiteren besteht ein Zusammenhang zwischen den hydro-pedologischen Eigenschaften der Böden und der darauf vorkommenden Flora (FOURNIER & PLANCHON 1998). Die Vegetation ist ihrem Typ nach ein Grasland, das von laubabwerfenden Bäumen und Sträuchern durchsetzt ist (KREEB 1983, MENAUT 1983, COLE 1986, KRONBERG 2000b). Sie wird mit *ca.* 500 Gefäßpflanzenarten je 10000 km<sup>2</sup> als relativ artenarm bezeichnet (BARTHLOTT *et al.* 1998 zit. in SITTE *et al.* 2002, *cf.* SCHOLES & WALKER 1993). Typisch sind für die Sudansavanne Gräser wie *Andropogon gayanus* Kunth, *A. pseudapricus* Stapf, *Brachiaria jubata* (Fig & De Not) Stapf, *Pennisetum pedicellatum* Trin. und *P. polystachion* (L.) Schultes (RATTRAY 1968, LOWE 1989, SKERMAN & RIVEROS 1990). Charakteristische Gehölze dieser Savannenregion sind *Acacia* spp., *Adansonia digitata* Linn., *Anogeissus leiocarpus* (DC) Guill. & Perr. und *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., die Bäume oder Sträucher bilden (OKIGBO 1985, AWETO 1991, FATUBARIN 1993, *cf.* Tab. 2.6).

Der Vegetationstyp im Zamfara-Gebiet wird allgemein durch Holzgewächse der Familie der *Combretaceae* (KNAPP 1973, HOUÉROU 1980, KÉRÉ & THIOMBIANO 1999) geprägt. Mehrere Studien über die Zusammensetzung der Vegetation des Zamfara-Weidegebiets liegen mit den Arbeiten von AWODOLA *et al.* (1992/93), BIELFELDT (1993a-c), ELSHOLZ (1996b) und KÜPPERS (1998) vor. Es wurden insgesamt über 350 Arten gezählt (BIELFELDT 1993b, ELSHOLZ 1996b). Darunter befinden sich im Bereich der Krautschicht u.a. 55 *Gramineae* (ELSHOLZ 1996b) und 10 *Cyperaceae*, 20 krautige *Fabales* sowie über 75 andere Kräuter (BIELFELDT 1993b-c), die in ein Herbarium aufgenommen wurden. Bei den Gehölzen wurden

<sup>15</sup> *cf.* KNAPP (1966); SKEA & SKEA (1996) geben einen Überblick über die Fauna von Zamfara. Es wurden u.a. 127 Vogelarten registriert (*cf.* DOBBS 1959a-b).

über 60 Arten festgestellt (BIELFELDT 1993a). Die Dominanz von *Combretaceae* wird bestätigt. Die Häufigkeit des Auftretens von Arten dieser Familie und der Unterfamilie *Caesalpinioideae* geben AWODOLA *et al.* (1992/93) mit 28% am Artenspektrum der Baum- bzw. Strauchgewächse an – v.a. *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst. (SHINKAFI *et al.* 1998). In Tabelle 2.6 sind die häufigsten Arten in Nordzamfara aufgeführt.

Tab. 2.6 Häufige Arten der Kraut- und Gehölzschicht im nördlichen Zamfara-Weidegebiet (nach AWODOLA *et al.* 1992/93, BIELFELDT 1993a-c, ELSHOLZ 1996b)

Wuchsform	Tribus/Familie	Art und Lebenszyklus		beschrieben von
Gräser	<i>Chlorideae</i>	<i>Chloris pilosa</i>	a	Schumach.
		<i>Microchloa indica</i>	a	Beauv.
	<i>Eragrostideae</i>	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	a(p)	(L.) Willd.
		<i>Eragrostis turgida</i>	a	(Schumach.) de Wild.
	<i>Paniceae</i>	<i>Brachiaria</i> spp.	a/p	
		<i>Digitaria debilis</i>	a	(Desf.) Willd.
		<i>Setaria sphacelata</i>	p	(Schumach.) Stapf & Hubb.
	<i>Sporoboleae</i>	<i>Sporobolus festinus</i>	p	Hochst. ex Rich
Seggen	<i>Cyperaceae</i>	<i>Ascolepis protea</i>		Welw.
Kräuter	<i>Caesalpinioideae</i>	<i>Senna obtusifolia</i>	a	(L.) Irwin & Barneby
	<i>Commelinaceae</i>	<i>Aneilema lanceolatum</i>	G	Benth.
	<i>Papilionoideae</i>	<i>Zornia glochidiata</i>	a	DC
	<i>Malvaceae</i>	<i>Sida</i> spp.	a/p	
	<i>Rubiaceae</i>	<i>Spermacoce</i> spp.	a(p)	
	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Striga hermonthica</i>	p	(Del.) Benth.
	<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Tribulus terrestris</i>	p	Linn.
Gehölzarten	<i>Balaniteae</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i>	B	(L.) Del.
	<i>Bombacaceae</i>	<i>Adansonia digitata</i>	B	Linn.
	<i>Caesalpinioideae</i>	<i>Piliostigma reticulatum</i>	S-B	(DC) Hochst.
		<i>Senna singueana</i>	S-B	(Del.) Lock
	<i>Combretaceae</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	B	(DC) Guill. & Perr.
		<i>Combretum micranthum</i>	S	G. Don
		<i>Guiera senegalensis</i>	S	Gmel.
	<i>Mimosoideae</i>	<i>Acacia seyal</i>	B	Del.

[Gräser, Kräuter] a: annuell, p: perennierend, G: Geophyt, S: Strauch, B: Baum

Unter den *Caesalpinioideae*, *Cassiinae* spp., die im gesamten Zamfara-Gebiet bestimmt wurden, sind die krautigen ( $\pm$  annuellen) Arten *Chamaecrista absus* (L.) Irwin & Barneby, *C. mimosoides* (L.) Greene, *C. rotundifolia* (Pers.) Greene und *Senna occidentalis* (L.) Link

<sup>16</sup> spanisch: (sabana) baumlose Ebene (BOURLIÈRE & HADLEY 1983)

und *Cassia arereh* Del. (Strauch) sowie die Baumarten *C. sieberiana* DC, *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby und *S. singueana* (Del.) Lock zu nennen (AWODOLA *et al.* 1992/93, BIELFELDT 1993b-c, cf. ELSHOLZ 1996a und Tab. A3).

Detaillierte Beschreibungen der Pflanzenarten finden sich allgemein bei HUTCHINSON & DALZIEL (1954-1972), BURKILL (1985-2000) und speziell für Gräser und Seggen bei CLAYTON (1966) und LOWE (1974, 1989) sowie für Bäume bei HOPKINS & STANFIELD (1966). Im nördlichen Teil des Zamfara-Gebiets wurden mehrere Vertreter des Tribus *Eragrostideae* gefunden. Bestandsbildend ist die Gattung *Dactyloctenium*, mit *D. aegyptium*. Häufig bis verbreitet ist die Gattung *Eragrostis*, mit *E. gangetica* (Roxb.) Steud., *E. tremula* (Lam.) Hochst. und *E. turgida*. Vereinzelt tritt *Aristida kerstingii* Pilg. an der nördlichen Grenze auf (BIELFELDT 1993a, ELSHOLZ 1996b). Die nach RATTRAY (1968) und JOHNSON & TOTHILL (1985) für die Sudansavanne typischen Gräser des Tribus *Andropogoneae* fehlen in der natürlichen Vegetation weitgehend. Die für die Futterversorgung wichtigen perennierenden Gräser fehlen, bis auf seltene – z.T. nicht schmackhafte – Ausnahmen (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf, *Sporobolus festivus*) im Norden des Zamfara-Weidegebiets. Eine Änderung des Artenspektrums hin zu annuellen Arten kann als Hinweis für Überweidung gewertet werden (BAUMER 1978, BIELFELDT 1993a, ELSHOLZ 1996b).

In der Sudansavanne wird der Wettbewerb zwischen Gräsern und Bäumen (WALTER 1970, 1973) durch das Bodenwasserangebot reguliert (SKARPE 1992, JELTSCH *et al.* 1998). Die Produktivität der Gräser wird durch die Verfügbarkeit des Wassers begrenzt. Das semi-aride Graslandökosystem ist sehr empfindlich gegenüber Trockenheit bzw. variablen Niederschlägen (WALLEN & GWYNNE 1978).

Das Auftreten von Buschfeuern wird mit geringer werdenden Niederschlägen und abnehmender brennbarer Phytomasse seltener (WALKER 1979, MENAUT *et al.* 1985). Im nördlichen Zamfara kam es im Zeitraum 1993 bis 1996 zu keinen größeren Buschbränden. Eine Reduktion des vorhandenen Pflanzenmaterials erfolgte vorwiegend durch Nutztiere und Termiten (SCHÄFER 1998).

Zahlreiche Bäume sind als Folge von starkem Schneiteln zur Futtergewinnung für die Haustiere geschädigt oder abgestorben. Außerdem wird Nutz- und Brennholzgewinnung durch verstärkten Holzeinschlag betrieben (AWETO 1991, BIELFELDT 1993a, ELSHOLZ 1996b). Als Resultat der Übernutzung der natürlichen Vegetation durch Überweidung der Krautschicht und



übermäßiger Nutzung der Gehölze kommt es zur Ausbreitung von Arten, die als Viehfutter nicht nutzbar sind. Mehrere Vertreter der Gräser sowie Holzgewächse können als Indikatorarten für die Übernutzung der Vegetation durch Weideviehverbiss und -tritt genannt werden. Unter den Gräsern sind dies *Brachiaria stigmatistata* (Mez) Stapf, *Chloris pilosa* und *Microchloa indica*. Letztgenannte Art zeigt außerdem Bodenerosion an. Gräser wie *D. debilis* und *Eragrostis tremula* sind Indikatoren für gestörte Bodenverhältnisse. *Brachiaria jubata* und *Sporobolus festivus* weisen auf große saisonale Schwankungen der Bodenfeuchte hin (ELSHOLZ 1996b). Bei den Sträuchern zeigt eine Dominanz von *Combretum micranthum* und *Piliostigma* spp., die auf Grund ihrer geringen Palatabilität nicht für die Tierfütterung nutzbar sind, die Gefahr einer Erodierung des Gehölzbestands im Sinne der Futterversorgung (BIELFELDT 1993a, SHINKAFI *et al.* 1998).

Eine geschlossene Pflanzendecke trägt zur Minderung der Bodenerosion in hohem Maße bei. Die Bodenbedeckung durch Pflanzenbewuchs betrug im September 1993 im Norden des Weidegebiets ca. 60%. Pflanzenlose Bodenflächen unterschiedlicher Größe wurden vor allem im nördlichen Teil des Weidegebiets festgestellt (BIELFELDT 1993a). Auswertungen von Satellitenaufnahmen (n = 20) der Station Birni N’Konni ergaben Schwankungen in der Bodenbedeckung der Baum- und Krautschicht von 5-38 bzw. 0-46%. Der Anteil unbewachsener Bodenflächen betrug 10-81% (MATHESON & RINGROSE 1994). Als Ursache dafür können Erosion, Beweidung und Tritt der Nutztiere sowie Termitenaktivität in Frage kommen (BIELFELDT 1993a). Annuelle Arten dominieren die Krautschicht. Die Bodenbedeckung nimmt im Verlauf der Trockenzeit durch Tritt, Beweidung, Termitenfraß und Abbauprozesse stetig ab. Zu Beginn der Regenzeit, wenn das Erosionsrisiko durch hohe Niederschlagsintensität am höchsten ist, sind weite Bodenflächen unbewachsen.

In einer aktuellen Studie im Zamfara-Weidegebiet wurden die Vegetationsstruktur und Landnutzung kartiert (Karte Abb. 2.3). Für das Untersuchungsgebiet nahe der Staatsfarm Faru wird die Vegetation wie folgt charakterisiert: kleinflächiger Wechsel von offenem Savannengrasland ( $\pm$  ohne Gehölzbestand und sichtbarer Flächenerosion) und Savannengrasland (mit unregelmäßig verteiltem Gehölzbestand in Form von Buschdickicht bzw. kleinerer Wäldchen und offenem Grasland). Die Karte verdeutlicht die eingangs genannte Ausbreitung von Ackerflächen und Rodungen am Westrand des Weidegebiets (Rukudawa, Kokiya) und südlich von Gurbin Bore. Die Ausdehnung der Felder innerhalb des Weidegebiets um die Enklaven ist besonders nordwestlich von Dumburum bis an den Fafara und südlich von Shamashalle sowie westlich von Tsaïre zu erkennen. Die Gefahr der Erosion ist im Norden und um die Enklaven

Dumburum und Tsaebre erheblich. Das Vorkommen von *Combretaceae* wird für den Nord- und Zentralteil des Zamfara-Weidegebiets bestätigt (HOF 2000).

## 2.2 Weide und Futterverfügbarkeit

Allgemein werden Weidesysteme in der Sudansavanne als extensiv charakterisiert (UNESCO 1979). Die Nutzungsformen sind Hutungen, Nomadismus und Transhumanz (*cf.* HILL 1990, OPITZ 1994). Die Weidenutzung im Zamfara-Gebiet erfolgt durch die transhumanen Fulbe. Anhand des Grads der Mobilität werden folgende Tierproduktionssysteme unterschieden (PÄTZOLD 1978, HOUÉROU 1989):

- mittlerer bis großräumiger Nomadismus und Transhumanz (Fernweidewirtschaft),
- kleinräumiger transhumanter Agro-Pastoralismus,
- sesshafter Agro-Pastoralismus,
- agro-sylvo-pastorale Systeme.

Es gibt fließende Übergänge zwischen den Produktionsformen. Die genannten Systeme haben ihre Bedeutung auch in Zamfara, wobei die Transhumanz mit *ca.* 56% die größte Rolle spielt (SCHÄFER 1998). Ein in Nigeria zu beobachtender Trend von pastoraler Tierhaltung zum sesshaften Agro-Pastoralismus ist gerade in Gebieten mit marginalen Produktionsbedingungen als kritisch einzuschätzen (BLENCH 1985).

Rinder, Schafe und Ziegen repräsentieren die weidenden Nutztiere im Zamfara-Weidegebiet. Hinzu kommen Esel und Dromedare als Lasttiere, selten Pferde. SCHÄFER (1998: 212) gibt die Nutztierdichte auf Naturweiden in Zamfara im Jahresmittel mit 0,94; 0,54 und 0,40 für Rinder, Schafe bzw. Ziegen ha<sup>-1</sup> an. Als wichtige Rinderrassen werden in dieser Arbeit Bunaji, Rahaji und Sokoto Gudali genannt. Bei den Schafrassen sind v.a. Yankasa, Balami und Uda sowie bei den Ziegenrassen Red Sokoto und Sahel zu nennen (HASSAN 2000: 63). Weiterführende Literatur über Rasse- und Leistungsmerkmale der einzelnen Tierarten findet sich allgemein für Rinder u.a. in den Arbeiten von EPSTEIN (1971), LEGEL (1989), HILL (1990), CHUPIN (1994) für Schafe und Ziegen u.a. in DEVENDRA & McLEROY (1982), DEVENDRA & BURNS (1983), GATENBY (1986), LEGEL (1990a) sowie speziell für Nigeria u.a. bei BOURN *et al.* (1994) und BLENCH (1999). Phytophage Insekten, Nagetiere und vereinzelt Elefanten (*Loxodonta africana* Blumenbach) stellen die herbivore Komponente der Wildtierpopulation in Zamfara (SKEA & SKEA 1996).

Nach SCHÄFER (1998) bilden Naturweiden in der Sudansavanne Zamfaras die primäre Futtergrundlage. Das Futteraufkommen, v.a. der Krautschicht, ist eng an die klimatischen Bedingungen, besonders Niederschlag, gebunden. So ist in Zamfara mit dem Hauptanteil der Phytomasseproduktion der Gräser und Kräuter im September, also 1-2 Monate nach dem Niederschlagsmaximum zu rechnen. Der Fütterungskalender (SCHÄFER 1998: 114) kann für das Zamfara-Weidegebiet folgt wiedergegeben werden: während der Regenzeit (Juni bis September) wird der Naturweideaufwuchs (Futterwert hoch) im Weidegang (kurze Weidedauer, kleiner Weideradius) genutzt. Wasser steht an temporären Tränken zur Verfügung. In der frühen Trockenzeit (Oktober bis Januar) ist die Naturweide (Heu auf Halm, Futterwert niedrig) sowie Blätter von Gehölzen (Schneiteln), Ernterückstände (Stoppelweide) und Ackernebenprodukte (z.B. Kleie, Saatkuchen) Futtergrundlage. Der Weideradius und die Beweidungsdauer vergrößern sich. Es kommt zur Abwanderung in niederschlagsreichere Gebiete. In der späten Trockenzeit (Februar bis Mai) sind die Streuschicht der Naturweide (Futterwert gering) sowie Ernterückstände (in geringen Mengen), Ackernebenprodukte, Heu (z.B. *A. hypogaea*, *Vigna* spp.) und Blätter der Gehölze verfügbar. Zu diesem Zeitpunkt sind die Hirten gezwungen in Gebiete mit (sub-)humiden Bedingungen abzuwandern bzw. den Bedarf ihrer Tiere durch Gehölznutzung (Schneiteln) und Futterzukauf zu decken oder Teile der Herde zu verkaufen. Tränken gibt es während der Trockenzeit nur an permanenten Wasserstellen. Die Tierhalter ergänzen die Ration ihrer Herden ganzjährig durch Viehsalz. Aus den genannten Futterressourcen und deren Nutzung durch angepasste Fütterungsstrategien der Fulbe-Hirten wird deutlich, dass die Hirten in engem Austausch mit den Ackerbauern stehen und die Herden einer entsprechenden Mobilität bedürfen (cf. HICKEY 1978, GLATZLE 1990, BAYER & WATERS-BAYER 1996, HOFFMANN 2004).

### 2.3 Verunkrautung durch *Senna obtusifolia*

AWODOLA *et al.* (1992/93) stellten bei Untersuchungen über die Vegetation im Zamfara-Weidegebiet fest, dass unter den Kräutern *S. obtusifolia* dominiert. MAGAJI & YAKUBU (1992) bestätigen das vermehrte Auftreten von *S. obtusifolia*. Im September 1993 wurde die Häufigkeit der Arten der Krautschicht entlang von vier Transekten (à 10 km) im Forschungsgebiet analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass *S. obtusifolia* in allen Zonen des Zamfara-Gebiets mit 60-90% den Hauptanteil an der Vegetation der Krautschicht bildet (BIELFELDT 1993a). In Tabelle 2.7 sind die Ergebnisse der Häufigkeitsanalyse für die einzelnen Regionen des Zamfara-Gebiets zusammengestellt (Orte cf. Abb. 2.2).

Tab. 2.7 Häufigkeitsverteilung und Bodenbedeckung von *Senna obtusifolia* [%] im Zamfara-Weidegebiet (nach BIELFELDT 1993a)

Zone	Transekte	Häufigkeit der Quadrate	Bodenbedeckung
Nord	Gidan Jaja nach Dumburum	50-78	25-45
Nord-Zentral	Dumburum nach Rukudawa	88	25-50
Süd-Zentral	Kokiya nach Tsabre	64	5-50
Süd	Gusami nach Aja	90	5-50
	$\bar{x}$	77	15-49

ELSHOLZ (1996b) kommt zu ähnlichen Ergebnissen und gibt die Häufigkeit des Vorkommens von *S. obtusifolia* im Quadrat ( $n = 5$ ) mit 70-100% an. Dabei wurden Werte um 70% in *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill.- und *Acacia seyal*-Dickichten ermittelt, während an Flussläufen und im Galeriewald in allen Quadraten Auftreten von *S. obtusifolia* beobachtet wurde. KÜPPERS (1998) bestätigt die Dominanz von *S. obtusifolia* im Zamfara-Gebiet. Trotz hoher Häufigkeiten ist die Bodenbedeckung in den einzelnen Zonen mit 5 bis 50% großen Schwankungen unterworfen. Im nördlichen Teil wird von mindestens 25% Bodenbedeckung ausgegangen, während im zentralen und südlichen Abschnitt insbesondere auf Hügeln oder in Flussauewäldern nur 5% des Bodens mit *S. obtusifolia* bedeckt sind (ELSHOLZ 1996b, KÜPPERS 1998). *Senna obtusifolia* wird von den Nutztieren nicht oder nur in Futtermangelzeiten gefressen und kann sich bei unzureichendem Konkurrenzdruck durch schmackhafte Futterarten ausbreiten.

Ähnlich wie die genannten Gräserarten ist auch *S. obtusifolia* eine Indikatorart für die Übernutzung der Vegetation durch Beweidung (LEEUEW 1965, SKEA 1996d, KREIMER & STEINBACH 1998). Daraus lässt sich eine hohe Belastung der Weidevegetation durch die Haustierherden und eine stellenweise stark auftretende Population durch *S. obtusifolia*, insbesondere im nördlichen Zamfara-Gebiet, ableiten.

#### 2.4 Maßnahmen der Weidewirtschaft durch das „SEP“-Programm

Seit 1989 arbeitet das „SEP“-Programm, ein vom Staat Nigeria, dem Bundesland Sokoto und der Europäischen Union getragenes Umweltschutzprogramm, im Zamfara-Weidegebiet. Es unterhält Stationen u.a. in Gidan Jaja, Gusami und die Staatsfarm Faru.

Die Regierung der Nordprovinz Nigerias gründete 1975 die Staatsfarm Faru, mit dem Ziel, die pastoralen Fulbe zu sedentarisieren, indem eine Demonstrationsweide (4000 ha) für eine Rinderherde der Rasse Sokoto Gudali (300 Kühe, 100 Färsen, 15 Bullen) eingezäunt wurde. Die Rinder sollten schließlich an die Fulbe verkauft werden. Die Akzeptanz der Fulbe an dieser Rasse war jedoch gering. Bis 1981 – als eine Wasserstelle ausgehoben wurde – gab es keine permanente Tränke. In Abwesenheit eines strukturierten Zuchtprogramms vervielfachte sich die Herde bis 1982 auf 1200 Stück. Es fehlte an Weidefutter in der Trockenzeit und eine hohe Sterblichkeit, besonders Jungvieh, war die Folge. Mangelnde züchterische und weidewirtschaftliche Herdenführung bewirkten einen Leistungsrückgang. Eine Dürre verschärfte 1984 den Fortgang der Degradierung. Das „Range Management and Livestock Project“ (als Teil des „SEP“-Programms) wurde 1990 unter dem Aspekt des Schutzes, der Erhaltung und Entwicklung der Sudansavanne mittels agro-forstwirtschaftlichen Maßnahmen initiiert. Die Herde bestand 1991 nur noch aus 197 Tieren (113 Kühe) mit einer geringen Reproduktionsleistung. Zu diesem Zeitpunkt bestand der ursprüngliche Zaun nicht mehr und die Weideflächen, die für lokale und durchziehende Herden offen standen, waren von Übernutzung gekennzeichnet (SKEA 1996a).

Die Aktivitäten des „Range Management and Livestock“-Projekts führten zur Entstehung und qualitativen Abgrenzung von drei Weideökotypen in der unmittelbaren Umgebung von Faru, auf denen die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit zur Biologie, Ökologie und Kontrolle von *S. obtusifolia* durchgeführt wurden, nämlich die

- offene Savanne,
- geschützte Savanne und
- kultivierte Savanne.

Aus Tabelle 2.8 sind die Zusammenhänge von Überbeanspruchung und folglich Degradation der offenen Savanne einerseits, und tragfähiger Nutzung und Rehabilitation der geschützten und kultivierten Savanne andererseits, erkennbar. In der offenen Savanne stehen hohe Tierzahlen, starke Verunkrautung mit *S. obtusifolia* und zunehmender Verlust an Phytomasse und Boden in enger Verbindung. In der geschützten und kultivierten Savanne wirkt eine kontrollierte Beweidung fördernd auf eine geschlossene Weidenarbe und somit einer Ansiedlung von *S. obtusifolia* entgegen.

Tab. 2.8 Wesentliche Merkmale der Weideökotypen in Faru (1992-96; eigene Beurteilung)

Kriterium	offene Savanne	geschützte und kultivierte Savanne
Landnutzung	Tierhaltung, Ackerbau	Tierhaltung
Zugang	offen zugänglich	restriktiv, eingezäunt
Beweidung	hoher Weidedruck	kontrollierte Beweidung
Bäume, Sträucher	Holz und Futter	kontrollierte Futternutzung
Bodenbedeckung	stark variabel	dichte Narbe
<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	hoch	gering
Entwicklungstendenz	Degradation, Erosion	Rehabilitation, nachhaltige Nutzung

Die Arten der Strauch- und Baumschicht wurden bei diesen Untersuchungen nicht berücksichtigt. Die einzelnen Weideökotypen können wie folgt charakterisiert werden:

Als offene Savanne wird die natürliche, frei zugängliche Vegetation westlich von Faru bezeichnet (Lage cf. Anhang Abb. A5.1). Sie ist durch die Übernutzung der Vegetation (Beweidung und Holzeinschlag), großflächigen Kahlstellen sowie Erosionsprozesse charakterisiert (SKEA 1996a, d, ECKERT *et al.* 1998, IBRAHIM 1998, KÜPPERS 1998, SHINKAFI *et al.* 1998). Die lückige Krautschicht wird von *Brachiaria* spp., *Zornia glochidiata* sowie von z.T. nicht schmackhaften Kräutern wie *S. obtusifolia* und *Sida* spp. dominiert (BIELFELDT 1993a, ELSHOLZ 1996b, KREIMER & STEINBACH 1998). Die mittlere Tierdichte auf Naturweiden im Zamfara-Weidegebiet wurde mit 0,73 TLU ha<sup>-1</sup> angegeben. Während der Regenzeit (Juni bis September) lag der Tierbesatz bei 1,45 TLU ha<sup>-1</sup>. In der frühen Trockenzeit (Oktober bis Januar) wurden 0,56 und in der späten Trockenzeit (Februar bis Mai) 0,31 TLU ha<sup>-1</sup> ermittelt (SCHÄFER 1998: 116ff.). Für semi-aride Weiden gilt 2-4,5 ha je TLU, wobei der größere Flächenbedarf in der Trockenzeit benötigt wird (PÄTZOLD 1978). Dies entspricht 0,22-0,5 TLU ha<sup>-1</sup>. In der sub-humiden Sudansavanne Nordbenins wurde die Tragfähigkeit von Grassavannen mit 0,45 bzw. 0,2 TLU ha<sup>-1</sup> in der Regen- bzw. Trockenzeit ähnlich angegeben (STURM 1993: 64).

Die geschützte Savanne entstand im Jahre 1992 nördlich von Faru, indem 692 ha Weidefläche mit natürlicher Vegetation eingezäunt (fixe Kosten = 65000 ₦<sup>17</sup> ≈ 2600 US\$ lfd. km<sup>-1</sup> Zaun)<sup>18</sup> und die kommunale Beweidung sowie Holzeinschlag ausgeschlossen wurden. Auf dieser Flä-

<sup>17</sup> Naira: nigerianische Währungseinheit (1 Naira = 100 Kobo), Bankumtauschkurs 25 ₦ = 1 US\$ (1995)

<sup>18</sup> Kalkulation wurde für 400 ha durchgeführt (SKEA 1996d).

che findet sich die Fortsetzung der eingangs beschriebenen Demonstrationsweide durch das „SEP“-Programm. Lediglich der Herde von 250 Sokoto Gudali Rindern<sup>19</sup> (110 Kühe mit Nachwuchs, 3 Zuchtbullen  $\approx$  225 TLU) der Staatsfarm Faru war es gestattet, hier in Form einer Standweide (außer Viehsalz kein Futterzukauf) zu grasen, was einer Besatzdichte von  $0,33 \text{ TLU ha}^{-1}$  entspricht. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen (ab September 1993) wies die Weide eine geschlossene Krautschicht mit *Loudetia togoensis* (Pilg.) Hubb. und *Z. glochidiata* auf. *Senna obtusifolia* fehlt weitgehend. Dies zeigt, dass bereits nach zwei Vegetationsperioden durch Regulierung der Beweidung eine Rehabilitation der Vegetation der Krautschicht erreicht werden kann. Im Jahr 1994 wurde durch die Bohrung eines Brunnens die Tränkwasserversorgung der Herde mittels Tankwagen abgelöst (SKEA 1996d).

Die kultivierte Savanne (215 ha) wurde im Jahr 1993 südöstlich von Faru durch einen Zaun (Kosten cf. geschützte Savanne) begrenzt und jede Art von Nutzung ausgesetzt. Im gleichen Jahr wurde der Boden dieser Weide mit einem Bodenmeißel (1 m Furchenabstand, 30-50 cm Bodentiefe;  $532 \text{ ₦} \approx 21 \text{ US\$ ha}^{-1}$ )<sup>20</sup> und anschließend mit einer Scheibenegge ( $27,50 \text{ ₦} \approx 1 \text{ US\$ ha}^{-1}$ ) bearbeitet. Auf dieser Fläche wurden im Juni 1993 zwei Futtergräser<sup>21</sup> ( $150 \text{ kg Samen inklusive Fruchtstände ha}^{-1}$ ) nämlich *A. gayanus* ( $2,50 \text{ ₦ kg}^{-1}$  Saatgut, d.h.  $375 \text{ ₦} \approx 15 \text{ US\$ ha}^{-1}$ )<sup>20</sup> und *P. pedicellatum* ( $1,50 \text{ ₦ kg}^{-1}$  Saatgut,  $225 \text{ ₦} \approx 9 \text{ US\$ ha}^{-1}$ )<sup>20</sup>, ausgesät (SKEA 1996d). Die Krautschicht setzte sich v.a. aus *Brachiaria* spp., *D. aegyptium* sowie *Alysicarpus ovalifolius* (Schumach. & Thonn.) Léonard und *Commelina* spp. zusammen. Zum Ende der Regenzeit 1993 konnten keine *S. obtusifolia*-Samen im Boden und nur vereinzelte *S. obtusifolia*-Pflanzen nachgewiesen werden (eigene Erhebungen). Jeweils zu Beginn der Jahre 1994-96 wurde diese als Trockenzeitweide (Heu auf Halm) in Form einer „fodder bank“ (Standweide) genutzt (SKEA pers. Mitteil. 1996). Angaben über Tierzahl und Beweidungszeitraum sind nicht verfügbar.

## 2.5 Überblick über Forschungsansätze im Zamfara-Weidegebiet

Das Zamfara-Weidegebiet kann als Zentrum internationaler Forschung bezeichnet werden. KEAY (1949) beschrieb bereits 1946 die Vegetation des nördlichen Zamfara-Gebiets entlang des Fafara (westlich von Dumburum), um die angebliche Ausbreitung der Sahara (STEBBING

<sup>19</sup> Beschreibung, Nutzung, Leistungen etc.: EPSTEIN (1971: 400ff.) NGERE (1975) HANKE (1989) HILL (1990: 30) BOURN *et al.* (1994) REGE *et al.* (1994a-b) SKEA (1996a, e) SCHÄFER (1998) BLENCH (1999) SACEY *et al.* (1999) TAWAH *et al.* (1999)

<sup>20</sup> Kalkulation wurde für 400 ha durchgeführt (SKEA 1996d).

<sup>21</sup> Beschreibung, Nutzung, Futterwert etc.: CLAYTON (1966) BOGDAN (1977) GÖHL (1981) LEGEL (1984, 1990b) LOWE (1989) SKERMAN & RIVEROS (1990)

1935) zu dokumentieren<sup>22</sup>. Es wurde eine dem Sudantyp entsprechende sekundäre Savannenvegetation festgestellt, bedingt durch klimatisch-pedologische Komponenten sowie beeinflusst durch Feuer und Beweidung. ABDU *et al.* (1982) geben in ihrem Atlas des Bundesstaates Sokoto einen Überblick über die physischen Ressourcen und anthropogenen Faktoren der Region. ARNBORG (1988) schlägt Aufforstung als Option zur Erhaltung der Bodenqualität und als Maßnahme zur Verbesserung der Nahrungs-, Futter- und Holzproduktion vor.

Das „SEP“-Programm beginnt 1989 seine Tätigkeit im Zamfara-Weidegebiet. Ab 1992 kommt die partnerschaftliche Zusammenarbeit der agrarwissenschaftlichen Fakultäten der Universität Sokoto, Thessaloniki und Giessen hinzu. Wichtige Veröffentlichungen liegen zu Themen wie Bodenfruchtbarkeit und Stickstoffmineralisation (IBRAHIM 1998), pastorale Wiederkäuerhaltung (SCHÄFER 1998), biologische Produktivität kleiner Wiederkäuer (HASSAN 2000) und Integration von Dromedaren in kleinbäuerlichen Betrieben<sup>23</sup> (MOHAMMED 2000) vor.

Besondere Erwähnung verdient die von HOFFMANN (1998) herausgegebene Arbeit im Rahmen der Schriftenreihe des Wissenschaftlichen Zentrums Tropeninstitut der Justus-Liebig-Universität Giessen anlässlich eines Symposiums über pastorale Systeme und deren Aussichten in Westafrika. In diesem Band findet sich eine Synthese der bisherigen Forschung im Zamfara-Weidegebiet. Die abiotischen und biotischen Grundlagen (Boden, Wasser, Vegetation) sowie Probleme der Unkrautbekämpfung (*S. obtusifolia*), Trockentoleranz und Gras-Unkraut-Konkurrenz finden genauso Berücksichtigung, wie sozio-ökonomische Aspekte (Rolle der Frau, Märkte) und Fragen der Bewirtschaftung (Landnutzung, Tierhaltung, Ackerbau, Beweidungsstrategien, Holz-, Dung- und Kompostwirtschaft) sowie letztlich die Auswirkungen der Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion auf das Leben und die Familien der pastoralen Tierzüchter. Zur Beschreibung des Weideökosystems in Zamfara erarbeiteten HOFFMANN *et al.* (1998) ein Umweltindikatoren-Modell, bestehend aus Einfluss-, Zustands- und Reaktionsindikatoren. Die Einflüsse gehen im Wesentlichen von der Tierhaltung (saisonale Besatzdichte, Weideführung, Herdenstruktur) aus. Sie wirken auf den Zustand, d.h. das Weideökosystem (Boden, Wasser, Vegetation), welches die Ressourcen liefert. Reaktionen kommen von der Gesellschaft (Gesetzgebung, Umweltbewusstsein, Markt, Preise), die anhand der Informationen auf die Tierhaltung zurückwirken (z.B. Agrar- und Umweltministe-

---

<sup>22</sup> cf. PROTHERO (1962) MENSCHING (1970) SCHULZ & HAGEDORN (1994) HOUÉROU (1997)

<sup>23</sup> Die Studie wurde in den Bundesstaaten Sokoto und Kebbi durchgeführt.



rium) kann. HOFFMANN (2004) gibt einen Überblick über die Landnutzung durch traditionelle Zugangsrechte zu Wasser und Weideland und die daraus resultierenden Konflikte sowie Möglichkeiten der Ressourcenbewirtschaftung.

Aufschluss über die aktuelle Vegetationszonierung gibt die Erstellung einer GIS-Vegetations- und Landnutzungskarte des Zamfara-Weidegebiets (HOF 2000, HOF *et al.* 2003a-b). Mit Ansätzen der Integration von Ackerbau und Nutztviehhaltung anhand der Dungwirtschaft beschäftigt sich OMOLEHIN (2005) und dem Ausgleich bei Bereitstellung und Bedarf von Futterressourcen für Wiederkäuer widmet sich MALAMI (2005).

Die umfangreichen unveröffentlichten Berichte, die größtenteils in die vorliegende Arbeit eingeflossen sind, finden hiermit ausdrückliche Würdigung – können aber an dieser Stelle nur auszugsweise angedeutet werden. Zum Thema abiotische Faktoren wurden Arbeiten von DIKKO *et al.* (1993), SINGH *et al.* (1993), BASHIR (1994) und LEGDE (pers. Mitteil. 2002) durchgeführt. Die Vegetation erfuhr große Beachtung in den Dokumentationen von AWODOLA *et al.* (1992/93), BIELFELDT (1993a-c), BAUMANN (1995) ELSHOLZ (1996a-b) und KÜPPERS (1998, *cf.* HOFFMANN 1998). Die Bewirtschaftung der Weiden aus der Sicht der Praxis, u.a. mit Hinweisen und Erfahrungen auf dem Gebiet der Unkrautbekämpfung, findet in den Berichten von MAGAJI & YAKUBU (1992) und SKEA (1996a-e) Berücksichtigung.

Mit Blick auf die genannten Forschungsprogramme und -ergebnisse wird die Stellung und der Stellenwert der angefertigten Arbeit über Fragen der Biologie, Ökologie und Kontrolle von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne des Zamfara-Weidegebiets deutlich.

### 3 *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby

#### 3.1 Systematik und Taxonomie

Zu der Unterfamilie *Caesalpinioideae* (Johannisbrothbaumgewächse, Ordnung: *Fabales*, Familie: *Fabaceae*) zählen über 150 Gattungen<sup>24</sup> und mehr als 2000 Arten. Oft werden die *Caesalpinioideae* als eigene Familie unter dem Namen *Caesalpiniaceae* aufgefasst (JONES & LUCHSINGER 1986, REVEAL 1999, SCHUBERT & WAGNER 2000, WEBERLING & SCHWANTES 2000). Die Gattung *Cassia sensu lato* (*sensu* Bentham) umfasst in den Tropen und Subtropen 450-500(-600) Arten – sowohl Bäume, Sträucher als auch Kräuter (WARBURG 1923, BASTIAN 1973, DYER 1975, NATHO *et al.* 1990, ALLABY 1998). *Cassia* spp. treten fossil seit dem Oligozän (Zeitabschnitt des Tertiärs) auf (SCHUBERT & WAGNER 2000).

Die Bezeichnung *Caesalpiniaceae* bzw. *Caesalpinioideae* geht auf den italienischen Botaniker und Arzt Cesalpino<sup>25</sup> (1524-1603) zurück (ERSCH & GRUBER 1970, BORNKESSEL 1991). Der französische Botaniker Plumier (1646-1704) benannte nach ihm die Pflanzengattung *Caesalpinia* und der schwedische Botaniker Linnaeus (1707-1778) behielt diesen Namen bei (ROMPEL 1908, WESTFALL 1995). Der Name *Cassia*, deutsch Kassie, steht zum einen für griechisch *κασ(σ)ία* [kas(s)ía] bzw. lateinisch *cássia* (*Cassia* spp.) und zum anderen für Gewürzrinde; Zimtkassie (*Cinnamomum* spp.) mit noch nicht vollständig geklärtem Ursprung (GOSSEN 1954, CARNOY 1959, FRISK 1960, BOERNER 1966, GUNAWARDENA 1968, GENAUST 1996, ERHARDT *et al.* 2000, SAUERHOFF 2003). Das Wort *Senna* stammt aus dem Arabischen *صنعاء* [san(n)â] und wird mit Bezug auf die Medizinalpflanze *Senna alexandrina* Mill. (Sennesblatt) verwendet (SONTHEIMER 1842, GRIEVE 1971, MEL 1977, SCHOPEN & KAHL 1993, GENAUST 1996, SEEBOLD 2002, ALSLEBEN *et al.* 2003, AUBERLE *et al.* 2003).

Die Gattungsbezeichnung *Cassia* wird im botanischen Sinne nur für eine Gruppe der *Cassieae* verwendet, wobei u.a. die Morphologie der Blüte (THAKUR 1988a, TUCKER 1996, MABBERLEY 1998), aber auch chemotaxonomische Faktoren (WINK *et al.* 1993, HEGNAUER 1994, 1996, MONDAL *et al.* 2000) eine Rolle spielen. Diese Unterscheidung führte zu einer Unterteilung des Tribus *Cassieae*, Subtribus *Cassiinae*, in die Gattungen *Cassia* Linn. emend. Gaertner, *Senna* Miller und *Chamaecrista* Moench (IRWIN & BARNEBY 1981, 1982, MACKEY

<sup>24</sup> It. Royal-Bot-Gardens, Kew (RBG 2002) zählt die Unterfamilie der *Caesalpinioideae* 156 Gattungen.

<sup>25</sup> Biografie: cf. ALBERTI *et al.* (1931) DITTLER *et al.* (1933) EB (1962) FEDELE (1967) ALESSI *et al.* (1980); Schreibweise des Namens z.T. Caesalpino (GUNAWARDENA 1968) oder Caesalpinus (ALESSI *et al.* 1980)

et al. 1997, AAFC 2001). Die Anzahl der Arten innerhalb der Gattung *Cassia sensu stricto* wurde von CHEERS (1997) mit 100 Vertretern angegeben. Neuesten Erkenntnissen zufolge werden 106 *Cassia*, 409 *Senna* und 454 *Chamaecrista*<sup>26</sup> spp. anerkannt (ILDIS 2001<sup>27</sup>). Die Artenvielfalt von *Cassiinae* in Afrika ist in Tabelle 3.1 zusammengefasst.

Tab. 3.1 Anzahl der *Cassiinae* in Afrika (LOCK 1988)

Gattung/Subtribus	<i>Cassia sensu stricto</i>	<i>Chamaecrista</i>	<i>Senna</i>	<i>Cassiinae</i>
autochthon	10	36	20	66
eingeführt	4	1	16	21
kultiviert	2	1	4	7
Σ	16	38	40	94

JAHN et al. (1995) registrierten ca. 30 *Cassia sensu stricto*, 40 *Chamaecrista* und 45 *Senna* spp. in Afrika, ohne nach ihrer Herkunft zu unterscheiden. In Westafrika ist die Gattung *Cassia sensu lato* mit 22 autochthonen und mehreren allochthonen Arten vertreten (GILL & HUSAINI 1981). In Tabelle A3 im Anhang sind wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika aufgezeigt (mit Ausnahme von *S. obtusifolia*, da diese Art in der vorliegenden Arbeit ausführlich behandelt wird).

*Senna obtusifolia* wurde von LINNAEUS (1753: 377) unter dem Namen *Cassia obtusifolia* beschrieben. Es wurde zwischen *Sennae* und *Chamaecristae* innerhalb der Gattung *Cassia* unterschieden, wobei *C. obtusifolia* zur ersten Gruppe zählt. Unter Verwendung des Gattungsnamens *Cassia* für alle drei Gattungen reduzierte BENTHAM (1871: 535) *C. obtusifolia* zu einem Synonym von *Cassia tora*. Diese Bezeichnung wurde von vielen Autoren übernommen (BAKER 1878, KELSEY & DAYTON 1942, HUTCHINSON & DALZIEL 1958, BRITTON & MILLS-PAUGH 1962, GLEASON & CRONQUIST 1963, GRISEBACH 1963, GOOD 1964, CARDENAS et al. 1972, HOLM et al. 1979, 1997). Die Autoren gehen von einer zirkumtropischen Verbreitung dieser einen Art unter dem Namen *Cassia tora* syn. *obtusifolia sensu Benth.* aus. Das führte zur Fehlbenennung von *S. obtusifolia* u.a. in Afrika, wo von *Cassia tora* [sensu FWTA<sup>28</sup>] gemäß der Nomenklatur von Bentham ausgegangen wurde (OLIVER 1871, ENGLER 1915, 1925, LÓPEZ 1946, ANDREWS 1952, STEYAERT 1952, MENDONÇA & TORRE 1956, HUTCHINSON & DALZIEL 1958, BERHAUT 1967, 1975). Diese Benennung wurde von BURKILL (1995:

<sup>26</sup> griechisch: Hahnenkamm (GENAUST 1996)

<sup>27</sup> enthält auch ssp. und var.

157) unter Bezug auf die Werke von DALZIEL (1937) und HUTCHINSON & DALZIEL (1958) in *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby revidiert. Die Revision und Korrektur des Namens wurde von LOCK (1988), BRAKO *et al.* (1995) und ILDIS (2001) bestätigt.

Beide Arten müssen jedoch als getrennte Pflanzenarten, nämlich *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby und *Senna tora* (L.) Roxburgh aufgefasst werden (AUBREVILLE 1968, SINGH 1968b, RANDELL 1988, 1995, BARNEBY pers. Mitteil. 1993, HANELT 2001, ILDIS 2001; *cf.* LAMARCK 1783, WILLDENOW 1799, PERSOON 1805, COLLADON 1816, CANDOLLE 1825, VOGEL 1837). Sie lassen sich nicht miteinander kreuzen (UPADHAYA & SINGH 1986, RANDELL 1995). Auf die Unterschiede in der Morphologie wird im Abschnitt 3.2.3 eingegangen (*cf.* MALL 1952/53, WIT 1955, BRENNAN 1958/59, MISRA *et al.* 1968, SINGH 1968a-b, 1978, YADAV 1980, MARTHUR 1985, BHATTACHARYYA & JOHRI 1998, MABBERLEY 1998). Für die vorliegende Arbeit über die Sudansavanne Westafrikas ist *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby von alleinigem Interesse, da *S. tora* in Afrika nicht vorkommt (*cf.* Karte 3.1). Die Stellung von *S. obtusifolia* im System der Pflanzen ist aus Übersicht 3 ersichtlich.

#### Übersicht 3 Systematik von *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby

nach SCHUBERT & WAGNER (2000)

Reich:	<i>Plantae</i>	Pflanzen
Unterreich:	<i>Archaeogniatae</i>	echte Landpflanzen
Abteilung:	<i>Spermatophyta</i>	Samenpflanzen
Unterabteilung:	<i>Angiospermatophytina</i>	Bedecktsamige
Klasse:	<i>Dicotyledoneae</i>	Zweikeimblättrige
Unterklasse:	<i>Rosidae</i>	Rosenähnliche
Überordnung:	<i>Rosanae</i>	Rosen-

nach PORTER (1959), NATHO *et al.* (1990), RBG (2002)

Ordnung:	<i>Fabales</i>	Hülsenfrüchtler
Familie:	<i>Fabaceae</i>	Schmetterlingsblütler
Unterfamilie:	<i>Caesalpinioideae</i>	Johannisbrotbaumgewächse

nach IRWIN & BARNEBY (1982), RANDELL (1988), AAFC (2001)

Tribus:	<i>Cassieae</i>	Kassien-
Subtribus:	<i>Cassiinae</i>	
Gattung:	<i>Senna</i>	Sennes-
Sektion:	<i>Chamaefistula</i>	Kleinhülsige
Serie:	<i>Trigonelloideae</i>	Bockshornklee-
Art:	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby	stumpfbblättrige Senna

Weitere – vorwiegend krautige, an der Basis verholzende – Arten in der Serie *Trigonelloideae* sind *Senna apsidoneura* (Irwin & Barneby) Irwin & Barneby, *S. cobanensis* (Britt. & Rose) Irwin & Barneby, *S. leiophylla* (Vog.) Irwin & Barneby, *S. mucronifera* (Benth.) Irwin & Barneby, *S. paraënsis* (Ducke) Irwin & Barneby, *S. pentagonia* (Mill.) Irwin & Barneby sowie *S. pilifera* (Vog.) Irwin & Barneby, die aus dem tropischen Teil Amerikas stammen (IRWIN & BARNEBY 1982). Eine weitere, bereits genannte Art ist *S. tora* (mit annuellem Lebenszyklus), deren Herkunft und Verbreitungsgebiet sich auf den tropischen Teil Asiens und den Australo-Pazifischen Raum beschränkt (WEBB 1980, RANDELL 1988, 1995, ILDIS 2001). Die Karte in Abbildung 3.1 zeigt die Verbreitung von *S. obtusifolia* und *S. tora*.

### 3.2 Botanik

#### 3.2.1 Nomenklatur

*Senna obtusifolia* wurde von verschiedenen Botanikern beschrieben und z.T. mit unterschiedlichen Namen bzw. Synonymbezeichnungen versehen (Tab. 3.2, cf. Tab. N1 im Addendum).

Tab. 3.2 Alphabetische Auflistung der Synonyme von *Senna obtusifolia*

Synonym	Literatur
<i>Cassia foetida</i> Dillen.	LINNAEUS (1753) cf. DPL (1990: 232, <i>Cassia foetida</i> Salisb.)
<i>Cassia humilis</i> (Pers.) Collad.	ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002)
<i>Cassia obtusifolia</i> Linn. <sup>29</sup>	ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002) ANBG (2006)
<i>Cassia tora sensu</i> Benth.	IRWIN & BARNEBY (1982: 252)
<i>Cassia tora auct. non</i> Linn.	WHITE (1962) BRENNAN (1967) BAYER (1992) BONAP (1998)
<i>Cassia tora</i> F&R., <i>non</i> Linn.	JÜRGENS (1979)
<i>Cassia tora</i> Linn., <i>sensu</i> Am. <i>auct.</i>	WSSA (1989)
<i>Cassia tora sensu</i> FWTA <sup>30</sup>	IVENS <i>et al.</i> (1978) BURKILL (1995: 157)
<i>Cassia tora</i> var. <i>humilis</i> Pers.	IRWIN & BARNEBY (1982) ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002)
<i>Cassia tora</i> var. <i>obtusifolia</i> (L.) Haines	HAINES (1961) BRENNAN (1967) IRWIN & BARNEBY (1982) RUDD (1991) ROSS (1998) ILDIS (2001) ANBG (2006)
<i>Cassia toroides</i> Raf.	RUDD (1991) IRD (2000) ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002)
<i>Diallobus falcatus</i> Raf.	ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002)
<i>Diallobus uniflorus</i> Raf.	ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002)
<i>Emelista tora sensu</i> Britt. & Rose	BRITTON & WILSON (1924) DPL (1990) BONAP (1998) USDA (2002)
<i>Gallinaria rotundifolia</i> Rumph.	DPL (1990)
<i>Senna toroides</i> Roxb.	IVENS <i>et al.</i> (1978) ILDIS (2001) WUNDERLICH & HANSEN (2002)

<sup>29</sup> Basissynonym

<sup>30</sup> *C. tora* in Flora of West tropical Africa (HUTCHINSON & DALZIEL 1958 vol. I, 2: 455) entspricht *S. obtusifolia* BURKILL 1995: 157)

Die Synonymnamen *Cassia toroides* Raf. und *Diallobus uniflorus* Raf. für *S. obtusifolia* werden von IRWIN & BARNEBY (1982) in Frage gestellt. Die Bezeichnung *Emelista tora sensu* Britton & Rose als Synonym bezieht sich auf *S. obtusifolia* in Amerika (HOLM *et al.* 1979, BONAP 1998, USDA 2002).

*Senna obtusifolia* ist unter dem Trivialnamen „sicklepod“ besonders in Nordamerika und in Australien bekannt (ILDIS 2001, RANDALL 2001c). In einigen Gegenden ist der Name „coffee weed“ geläufig (RANDALL 2001c). Weitere Bezeichnungen sind nach JÜRGENS (1979), IRWIN & BARNEBY (1982) und HOLM *et al.* (1997) u.a. „pistache marron“, „brusca hembra“ bzw. „hediondilla“ sowie „fedegoso“ bzw. „mata pasto“. In Niger und Nigeria ist der Lokalname „tafasa“ (Hausa) geläufig (HOLLAND 1911, BARTHA 1970, HUMPHRY *et al.* 1993, BURKILL 1995). Im letztgenannten Land wird in der Sprache der Hausa das Wort „bazamfara“ mit dem Hinweis auf das Zamfara-Gebiet erwähnt, was die Vermutung nahe legt, dass *S. obtusifolia* einerseits häufiger dort vorkommt bzw. von dort aus verbreitet wurde. Andererseits kann es auch ein Hinweis auf die Bedeutung dieser Pflanze für die menschliche Ernährung sein (BURKILL 1995). Die Bezeichnung für *S. obtusifolia* auf Fulfulde, der Sprache der Fulbe, ist „ulo“ oder „ubulo“ (BARTHA 1970, NIANG 1987, BESSIN *et al.* 1993, BURKILL 1995, BLENCH & DENDO 2003).

Viele Namen geben eine Kurzbeschreibung wieder. Sie beziehen sich auf die gebogene Form der Hülsen bzw. auf den strengen Geruch frischer, gestampfter Blätter, aber auch auf den Charakter als Unkraut. Die Nutzung als Kaffeesubstitut spiegelt sich gleichfalls in den Namen wider.

### 3.2.2 Ursprung und Verbreitung

Die Diskussion um den Ursprung und die Verbreitung von *S. obtusifolia* ist noch nicht abgeschlossen. Wissenschaftler gehen von einer tropisch-amerikanischen Art (mit Kuba als Ursprungsort) aus (LINNAEUS 1753, IRWIN & BARNEBY 1982, RANDALL 2001a). Neuesten Erkenntnissen zufolge ist *S. obtusifolia* in Guyana, Surinam und Französisch Guayana sowie auf der Karibikinsel Hispaniola (Dominikanische Republik) autochthon (ILDIS 2001). Heute gilt die Verbreitung von *S. obtusifolia* als zirkumtropisch (IRWIN & BARNEBY 1982, ILDIS 2001). Für *S. obtusifolia* werden u.a. in der Sahel- und Sudanzone Afrikas Länder wie Senegal, Mali, Niger, Nigeria und Sudan als Verbreitungsgebiete genannt (ILDIS 2001; cf. Karte in Abb. 3.1).

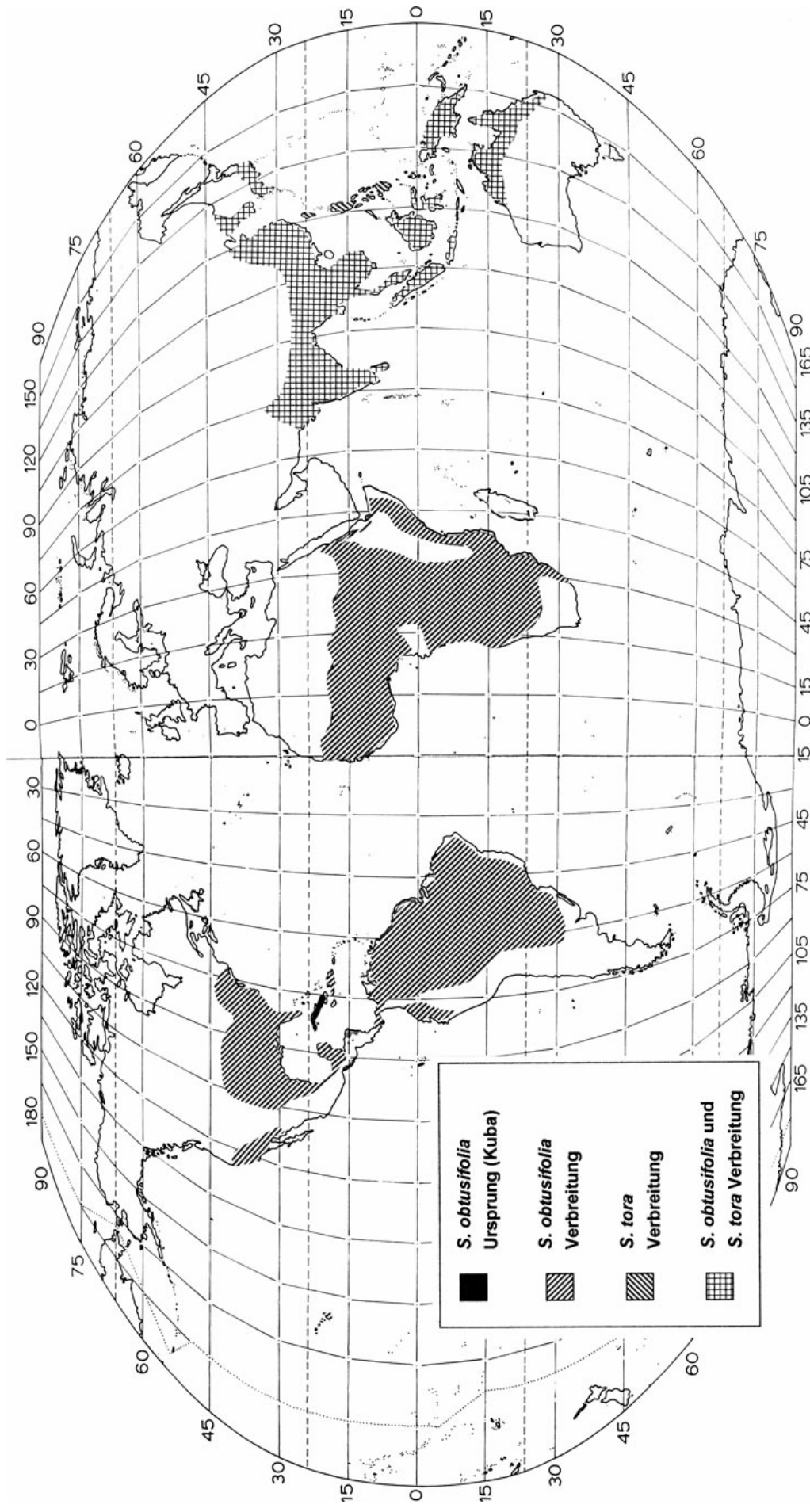


Abb. 3.1 Verbreitung von *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby und *S. tora* (L.) Roxburgh (nach ILDIS 2001)

### 3.2.3 Botanische Beschreibung

Die botanische Beschreibung von *S. obtusifolia* (Abb. 3.2) ist nicht einheitlich und es bestehen Unterschiede zwischen den Literaturangaben. MERXMÜLLER (1967), ADAMS *et al.* (1972), JÜRGENS (1979) und RANDALL (2001c) postulieren einen annuellen Lebenszyklus<sup>31</sup>. IRWIN & TURNER (1960) beobachteten eine Form von *S. obtusifolia* in Guyana, die mehrere Vegetationsperioden überdauerte. IRWIN & BARNEBY (1982) beschreiben *S. obtusifolia* als eine „im Wesentlichen monokarpe Art“ und stellen fest, dass sie „manchmal von langer Vegetationsdauer sein kann“. BRENAN (1967) und GHAZANFAR (1989) schließen für *S. obtusifolia* eine 2-3 jährige Überdauerung nicht aus. BARNEBY (pers. Mitteil. 1993) bestätigt, dass *S. obtusifolia* einen annuellen Blühzyklus hat, der aber z.B. durch eine Trockenperiode unterbrochen werden kann.

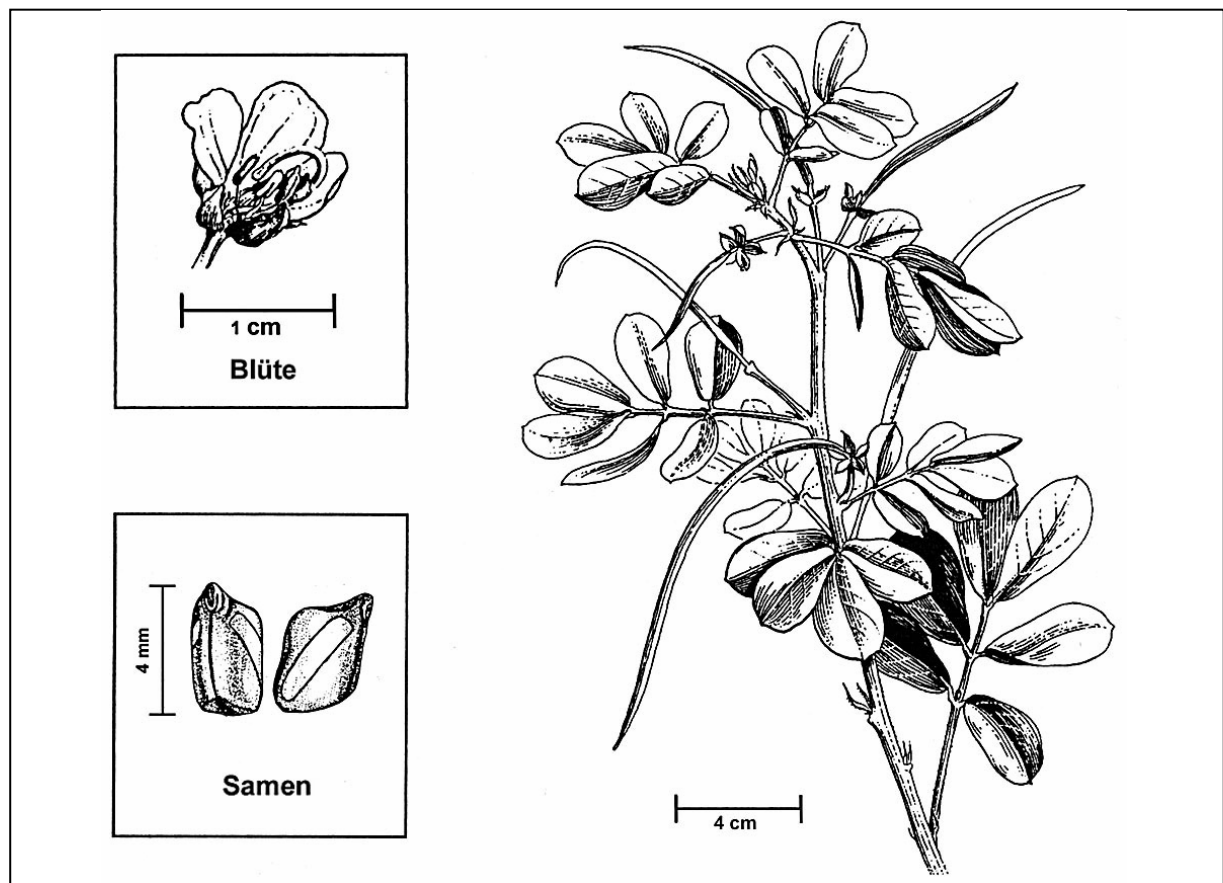


Abb. 3.2 *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (nach RANDELL 1988, NRM 2001b)

<sup>31</sup> cf. SARMIENTO & MONASTERIO (1983: 92ff.)



Allgemein sind für *S. obtusifolia* 3-paarig gefiederte Blätter mit ovalen Blättchen und gelbe Blüten charakteristisch (HOLM *et al.* 1997, MACKEY *et al.* 1997).

OLIVER (1871), ANDREWS (1952), HUTCHINSON & DALZIEL (1958) und BERHAUT (1967, 1975) beschrieben *S. obtusifolia* in Afrika. Die folgende botanische Beschreibung ist dem Standardwerk über die *Cassiinae* von IRWIN & BARNEBY (1982: 252-255) entnommen und wird ggf. durch Literaturangaben über diese Art in Afrika bzw. Asien ergänzt.

Die vielbeblätterten Sprossachsen stehen aufrecht und sind im distalen Bereich oder ab der Basis buschähnlich verzweigt. Unter guten Bedingungen wird eine strauchartige Wuchsform mit verholzenden Sprosstteilen beobachtet. OLIVER (1871), RIDLEY (1922), KASHYAP (1936), BACKER & BAKHUIZEN (1963) und GHAZANFAR (1989) beobachteten einen ähnlichen Habitus. Die Wuchshöhe beträgt gewöhnlich 120 cm. Für *S. obtusifolia* in Afrika wird diese mit 60-150 cm angegeben (OLIVER 1871, WHITE 1962, MERXMÜLLER 1967, BARTHA 1970, GHAZANFAR 1989). *Senna obtusifolia* gehört zu den krautigen Vertretern der Gattung *Senna* (WHITE 1962, BACKER & BAKHUIZEN 1963, MERXMÜLLER 1967, RANDALL 2001c).

Die blassgrünen Sprossachsen sind rund oder geringfügig eckig. Sie sind, wie die Blattstiele, glatt oder spärlich behaart mit kurzen (0,2-0,6 mm), angedrückten, eingebogenen Härchen oder durchsetzt mit bzw. ersetzt durch winzige verdickte Trichome (haar- oder borsten-ähnliche Auswüchse der Epidermis). Die dünn strukturierten, unangenehm riechenden Blätter sind schwach zweifarbig (grüne Ober- und blassgrüne Unterseite) und immer mit einer Spitze versehen. Die Blattunterseite ist z.T. schwach behaart. Der Blattrand ist stets bewimpert.

Die Nebenblättchen sind krautig, gebogen oder aufrecht und linear dünner werdend. Sie messen 5,5-15 × 0,4-1,5 mm, sind deutlich 1-nervig und fallen vor den Blättern ab.

Die Blätter sind i.d.R. 3,5-15 cm lang. Die Blattstiele sind 1-4 cm lang ( $\bar{x}$  = 0,5-1,7 mm). Mit zunehmender Pflanzenhöhe werden sie häufig kürzer. Die Blattstiele sind gerundet oder dorsal stumpf gekielt und ventral schwach gefurcht. Die Blattspindel ist 1,5-4 cm lang. Eine zylindrische Blattstielfrüse kommt zwischen dem proximalen, manchmal auch zwischen dem zweiten Blättchenpaar vor. Sie ist festgewachsen oder kurz gestielt, glatt und 1,4-3 mm groß. Laut KOORDERS (1912, 1937), BRITTON & WILSON (1924), KASHYAP (1936), BRENAN (1958/59), WHITE (1962), MERXMÜLLER (1967), BHANDARI (1978), JÜRGENS (1979), HOU *et al.* (1996), THAKUR (1988b), BHATTACHARYYA & JOHRI (1998), PUY (2002) und TAKANO *et al.* (2002) weist *S. obtusifolia* nur eine Blattdrüse auf. Davon ausgenommen sind einige Standorte in Afrika, an denen Pflanzen mit mehreren Petiolardrüsen vorkommen STEYAERT

(1952), (BRENAN 1967, AUBRÉVILLE & LEROY 1970, GORDON-GRAY 1977, IVENS *et al.* 1978). Auch in Mittel- und Südamerika wurden Exemplare mit 2 Blattdrüsen (IRWIN & TURNER 1960, GRISEBACH 1963, GOODING *et al.* 1965) beobachtet. RUDD (1991), ROSS (1998) und RANDALL (2001c) gehen von 1 oder 2 Blattdrüsen in Asien bzw. Australien aus. Die Blättchen fast aller Blätter sind genau 3-paarig (gefiedert) und werden nach oben hin größer. Das distale (größte) Paar ist deutlich verkehrt-eiförmig oder keil- bis verkehrt-lanzettförmig und stumpf (lateinisch: obtus-; daher der Name obtusifolia, d.h. stumpfblättrig BOERNER 1966, HALL & VANDIVER 1991, SCHUBERT & WAGNER 2000) mit einer winzigen Spitze. Die Maße sind 2-6,5 cm in der Länge und 1-4 cm an der breitesten Stelle (*cf.* BRENAN 1967). Die Basis der proximalen Blättchen ist gerundet oder herzförmig, während die der distalen Blättchen keilförmig ist. Der Blattrand ist plan und semi-transparent. Die Mittelrippe und die Sekundärvenen stehen auf der Oberseite schwach hervor und sind deutlich erkennbar, aber schmal auf der Unterseite. Die Tertiärvenen sind auf der Oberseite nicht zu erkennen und oft leicht verfärbt – selten erhaben auf der Unterseite.

Die mit 1-2 zygomorphen Blüten versehenen Razemen sitzen sub-sessil an Stielen in den Blattachseln der Sprossblätter (im oberen Teil der Sprossachse). Die Blütenachsen sind 0-5 mm lang. Die Deckblätter haben eine ovale bis zugespitzte Form, 2-5 mm lang und sind hinfällig. Die Blütenstiele der Einzelblüte (Härchen *cf.* Blattsiel) sind während der Blühphase fadenförmig mit 9-25 mm und in der Fruchtphase verdickt mit 12-35 mm Länge (*cf.* BRENAN 1967, JÜRGENS 1979, RANDALL 2001c). Die Blütenknospen sind kugelförmig und hängen leicht herunter. Die dünnen krautigen Kelchblätter sind blassgrün, dorsal gewöhnlich glatt oder flaumbehaart, aber mit einem bewimperten Rand versehen. Die größeren sind verkehrt-eiförmig oder länglich-verkehrteiförmig, 5-nervig von der Basis mit einer Länge von 6-9 mm. Die Kronblätter sind (blass)gelb gefärbt und entweder glatt oder dorsal schwach flaumhaarig. Die Fahne ist verkehrt-herzförmig oder keilförmig-verkehrt-herzförmig, während die restlichen Kronblätter länglich-eiförmig sind. Die zwei abaxialen Kronblätter sind  $\pm$  asymmetrisch und entweder etwas länger oder kürzer als der Rest. Das längste Kronblatt ist 9-15 mm lang.

Der Pollenapparat ist unbehaart. GHAZANFAR (1989) beschreibt die Staubblätter als polymorph. Die Anzahl der Staubgefäße wird mit 10 Staubblättern je Blüte angegeben. Sie unterteilen sich in 3 Staubblätter mit langen Staubfäden, 4 mit kürzeren und 3 zu Staminodien reduzierten Staubblättern (KASHYAP 1936, BACKER & BAKHUIZEN 1963, BRENAN 1967,

RUDD 1991). Die Staubfäden der 3 abaxialen Staubblätter sind 2-4 mm, die der 4 medianen Staubblätter 1-3 mm lang. Die Staubbeutel der 3 abaxialen Staubblätter sind 2-4,5 mm lang, werden zur Spitze hin enger und sind nicht gerundet. Die Staubbeutel der 4 medianen Staubblätter sind länglich und 1,4-2,8 mm lang. Der Fruchtknoten ist mit kurzem angepresstem Haar bedeckt, das in nur eine Richtung zeigt (selten weich behaart). Der Griffel ist 1,7-4 mm lang und distal eingebogen und manchmal etwas gedehnt (an der schrägen Narbenöffnung  $\varnothing = 0,3-0,5$  mm). Im Fruchtblatt liegen 20-34 Samenanlagen vor.

Die Frucht ist eine Hülse und wächst, wenn sie kurz ist, steif und fast gerade in die Höhe. Gewöhnlich ist sie jedoch nach außen und unten gebogen, manchmal beinahe halbkreisförmig („sicklepod“). An beiden Enden läuft die Hülse linear und schmal aus. Sie misst allgemein  $7-16 \times 0,25-0,55$  cm, in Afrika  $13-24 \times 0,5-0,6$  cm (BRENAN 1967). In jungem Zustand ist sie grün und zusammengedrückt-hexagonal und an den Nähten beiderseits gekielt. Außerdem verlaufen auf beiden Seiten parallel dazu noch jeweils zwei Rippen nahe den Nähten. In reifem Zustand sind die Hülsen braun und voll, zusammengedrückt-tetragonal, die gekielten Nähte niedergedrückt und die parallelen Rippen ausgeprägter. Die Hülsenhälften werden mit zunehmender Reifung papierartig und öffnen sich (klaffend) erst spät an beiden Nähten. Die Samenzwischenwände sind deutlich ausgebildet. Die Samenkammern messen  $3,5-5,5 \times 2,4-4,5$  mm und variierend von etwas breiter als lang bis doppelt so lang wie breit.

Es werden 25-35 Samen je Hülse gezählt (RIDLEY 1922, KASHYAP 1936, BARARPOUR & OLIVER 1998). In breiteren Hülsen sind die Samen schräg nach unten gerichtet, während sie in schmalen Hülsen fast parallel zur Samenlängsachse angeordnet sind. Die Samen weisen eine zusammengedrückt-rhomboide Form auf. In schmalen Hülsen sind die Samen zylindrisch bis länglich gestreckt. Die Samen messen  $3,2-5,3 \times 2-3,3$  mm und liegen mit zunehmender Reife lose in den Kammern. Sie rascheln in der Hülse mit fortschreitendem Alterungsprozess. Die Samenschale ist schimmernd (oliv- bis kastanien-)braun. Der lineare Vegetationspunkt misst  $2,5-4,2 \times 0,25-0,5$  mm (cf. BRENAN 1967, RANDALL 2001c).

Die Wurzel ist eine kräftige Pfahlwurzel (BARTHA 1970, CARDENAS *et al.* 1972, HOLM *et al.* 1997). Sie sind schwarz mit gelben Wachstumsspitzen. Die Wurzelmorphologie von *S. obtusifolia* wurde von WRIGHT *et al.* (1999b) u.a. mit der Wurzel der Sojapflanze (*Glycine max* (L.) Merr.) verglichen. Es wurde festgestellt, dass *S. obtusifolia* allgemein geringer ausge-dehnte Haupt- und Seitenwurzeln erster Ordnung entwickelt, d.h. eine insgesamt kürzere

Pfahlwurzel als *G. max* hat. In einem Zählversuch wurden an *S. obtusifolia* eine Hauptwurzel sowie 138, 2046, 2358 und 73 Seitenwurzeln erster, zweiter, dritter bzw. vierter Ordnung ermittelt. Bei einer Wurzellänge von 10 cm im Experiment hat das Wurzelsystem eine geschätzte Oberfläche von 670 cm<sup>2</sup>. Wurzeln mit einem Durchmesser von  $\varnothing = 0,1-0,25$  cm nehmen mit 84% den größten Anteil an der Gesamtzahl der Wurzeln ein. CADET *et al.* (2000) und DUPONNOIS *et al.* (2001) beschreiben die Symbiose von *S. obtusifolia*-Wurzeln mit Pilzen, die zu einer (arbuskulären) Mykorrhiza führt, welche die Pflanze zu einer gesteigerten Nährstoffaufnahme befähigt (TOMLINSON *et al.* 1995 zit. in BOFFA 1999, BRUNDRETT 2000).

Da *S. obtusifolia* häufig mit *S. tora* verwechselt wird, sei hier kurz auf die wesentlichen Unterschiede hingewiesen (Tab. 3.3), obwohl letztere nicht in Afrika vorkommt (Abb. 3.1).

Tab. 3.3 Unterscheidungsmerkmale von *Senna obtusifolia* und *S. tora* (BRENAN 1967)

Merkmal	<i>Senna obtusifolia</i>	<i>Senna tora</i>
Blattdrüse	1	2
abaxiale Staubbeutel	nicht gerundet, an der Spitze enger werdend	abrupt gerundet, an der Spitze nicht enger werdend
Fruchtsiel	1,5-4 cm	< 1,5 cm
Samengröße	4,5 × 1,5 mm	3 × 1 mm
Samenareole	linear	ganzen Samen bedeckend
Geruch	schwach riechend	stinkend

Die Blattdrüse galt lange Zeit als das Hauptunterscheidungsmerkmal und war ein Grund für die Verwechslung von *S. obtusifolia* mit *S. tora* in Afrika (*cf.* BRENAN 1967, KÉRÉ & THIOMBIANO 1999) und in Amerika (*cf.* GLEASON & CRONQUIST 1963, CARDENAS *et al.* 1972, HOLM *et al.* 1997). Eine botanische Beschreibung von *S. tora* findet sich bei LINNAEUS (1753), KOORDERS (1912, 1937), RIDLEY (1922), HAINES (1961), BACKER & BAKHUIZEN (1963), ROXBURGH (1971), SMITINAND & LARSEN (1984), RUDD (1991) und RANDALL (2001e). Abschließend sei darauf hingewiesen, dass auch eine Reihe anderer Unterscheidungsmöglichkeiten zwischen *S. obtusifolia* und *S. tora*, insbesondere chemische Substanzen – Chemotaxonomie – in Betracht kommen (*cf.* POETHKE *et al.* 1968, SUBRAMAN 1968, SUDARMİYATI 1976, KOSHIOKA *et al.* 1978, UPADHAYA & SINGH 1986, HEGNAUER 1994, 1996). Des Weiteren ist die Möglichkeit der Differenzierung anhand von Unterschieden der Epidermisstruktur zu nennen (KOTRESHA & SEETHARAM 2000).

### 3.2.4 Nodulation und Stickstoffbindung

Obwohl zur Ordnung *Fabales* gehörend, weist *S. obtusifolia* keine Knöllchen auf (LEONARD 1925, USDA 1967, FLINT *et al.* 1984, FROHNE & JENSEN 1998) und ist nicht in der Lage, Stickstoff über die Wurzeln zu akkumulieren (LEONARD & REED 1930, MAGISTAD *et al.* 1934, ALLEN & ALLEN 1981, HOLM *et al.* 1997, BECKER *et al.* 1998, SAMBA *et al.* 2002). Die Hypothese, dass *S. obtusifolia* ohne Knöllchen eine Symbiose mit Bakterien zur Stickstoffbindung eingeht, konnte nicht bestätigt werden (GILLER 2001). Versuche, die Knöllchenbildung zu stimulieren, schlugen auf Grund der Abwesenheit von Mikroorganismen allgemein (ALLEN & ALLEN 1933) und des Fehlens *Senna*-spezifischer *Rhizobium*-Stämme im Besonderen fehl (GAUR 1980). *Senna obtusifolia* weist keine Bakterien auf, die Stickstoff über die Wurzeln binden können (MACKEY *et al.* 1997). Sprossnodulation, wie sie z.B. bei *Sesbania rostrata* Bremek. & Oberm. vorkommt, kann ebenfalls ausgeschlossen werden (ROBERTSON *et al.* 1995). *Senna siamea*, die keine Knöllchen aufweist (ASPIRAS 1998), ist in der Lage, atmosphärischen Stickstoff über die Baumrinde aufzunehmen (YATAZAWA *et al.* 1983). Des Weiteren sind nicht-nodulierende *Cassia*- und *Senna*-Baumarten in der Lage, Stickstoff in ihren Blättern zu akkumulieren, vermutlich durch ein größeres Wurzelvolumen. Der Vorgang, Nährstoffe mit der Wurzel aus tieferen Bodenschichten zu erfassen, wird „deep nutrient capture“ genannt (SANCHEZ 1995). Für *S. obtusifolia* wurde diese Möglichkeit in der verfügbaren Literatur bisher nicht beschrieben. Der hohe Protein-/N-gehalt der Blätter von *S. obtusifolia* ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert. Es konnte jedoch noch kein Bezug hergestellt werden (*cf.* Abschnitt 3.7). RAO *et al.* (1973) fanden heraus, dass *Cassia fistula* Linn. und *Senna occidentalis* durch Abscheidungen von Phenolverbindungen der Wurzeln (Allelopathie<sup>32</sup>) ein Wachstum von *Rhizobium* spp. *in vitro* hemmen. ALLEN & ALLEN (1981) bestätigten für *C. fistula*, *Senna tora* u.a. *Cassia* spp., dass eine physiko-chemische Barriere in den Wurzeln zwar für das Scheitern einer Infektion mit *Rhizobium*-Bakterien verantwortlich ist, aber die symbiotische Verbindung mit Mykorrhiza-Pilzen nicht einschränkt (*cf.* Abschnitt 3.2.3). Abschließend sei gesagt, dass viele Arten der Gattung *Chamaecrista* (SPRENT *et al.* 1989 zit. in WHITTY *et al.* 1994, SPRENT 1995) in Symbiose mit Mikroorganismen treten, z.B. *C. absus* (DOIGNON-BOURCIER *et al.* 1999, 2000) und *C. fasciculata* (Michx) Greene (PUEPPKE & BROUGHTON 1999), in der Lage sind Stickstoff zu binden, z.B. *C. mimosoides* und *C. rotundifolia* (WHITTY *et al.* 1994, SPRENT & PARSONS 2000) und als Inokulum für die Stimulation zur Knöllchenbildung bei anderen Leguminosen dienen (ASPIRAS 1998). Phylo-

<sup>32</sup> Definition, Wirkungsweise, Schädlings- und Unkrautbekämpfung *etc.*: *cf.* RIZVI & RIZVI (1992)

genetisch gesehen ist die Gattung *Chamaecrista* somit am höchsten entwickelt, gefolgt von den Gattungen *Senna* und *Cassia* (cf. IRWIN & BARNEBY 1982, OWENS & LEWIS 1989, WHITTY *et al.* 1994, SITTE *et al.* 2002).

### 3.3 Phänotypen und genetische Grundlagen

*Senna obtusifolia* ist genetisch komplex und phänologisch heterogen. Der haploide Chromosomensatz ist  $n = 12, 13$  bzw.  $14$  (FRAHM-LELIVELD 1960, IRWIN & TURNER 1960, CAVE 1961, LARSEN 1971, LÖVE 1971, MOORE 1973, FEDEROV 1974, IRWIN & BARNEBY 1982). Die Gattung *Cassia* (L.) *sensu lato* wurde in Nigeria auf zytomorphologische Parameter untersucht. Für *S. obtusifolia* wurde ein haploider Chromosomensatz mit  $n = 13$  gefunden (GILL & HUSAINI 1981).

Die drei beobachteten Chromosomenzahlen ( $n = 12, 13$  und  $14$ ) konnten zu keiner Phänotypformel in Beziehung gebracht werden. Man vermutet, dass die Wuchsform vererbt wird. Es wurde eine Strauchform in Venezuela, Guyana und Surinam gefunden, die neben  $n = 13$  Chromosomen stets zwei Blattdrüsen aufwies. Hingegen wurde in den südlichen USA eine aufrechte Wuchsform mit  $n = 14$  und nur einer Blattdrüse beobachtet. Versuche mit Samen des südamerikanischen Typs in Texas zeigten, dass diese *S. obtusifolia*-Pflanzen ihre Merkmale beibehalten (IRWIN & TURNER 1960, IRWIN & BARNEBY 1982). Beobachtungen in 9 Bundesstaaten im Süden der USA ergaben Hinweise auf unterschiedliche Ökotypen. Südliche Ökotypen waren durch einen höheren Wuchs gekennzeichnet, was auf die längere Vegetationsperiode zurückgeführt wurde. *Senna obtusifolia* aus South Carolina und Alabama hatten im Mittel 27 Samen je Hülse, 200 Hülsen und 5300 Samen je Pflanze, während Ökotypen aus Louisiana Werte von 25, 340 und 8500 erbrachten (RETZINGER 1984). Das Blühverhalten gilt ebenfalls als Indikator für Ökotypen. Pflanzen aus North Carolina blühten früher als solche aus Florida (PATTERSON 1993). In allen Experimenten wurden die Samen aus den unterschiedlichen Regionen unter uniformen Bedingungen getestet.

Auch die Breite der Hülsen weist geographische Unterschiede auf. So ist sie auf den karibischen Inseln, in Afrika und Südasien eher breiter, während sie auf den pazifischen Inseln und Mexiko schlank und nadelförmig ist. Die erste Form mag sich ostwärts über Afrika nach Asien ausgebreitet haben, während die letztere möglicherweise über die spanische Handelsroute von Acapulco nach Manila gelangte (IRWIN & BARNEBY 1982).

### 3.4 Samenproduktion, Bodensamenvorrat und Keimung

Da *S. obtusifolia* eine annuelle Pflanze ist und ihre Überlebens- und Verbreitungsstrategie von den Samen abhängt, produziert sie entsprechend viele. RETZINGER (1984) gibt die Anzahl der Hülsen je Pflanze mit 200-300 an. SENSEMAN & OLIVER (1993) zählten in den USA 995 Hülsen und über 11000 Samen an Exemplaren, die ohne Konkurrenz aufwuchsen. BOZSA *et al.* (1989), HALL & VANDIVER (1991), OLIVER & BARARPOUR (1998) sowie CLAY & GRIFFIN (2000) fanden in den USA 8000-14000 Samen je Pflanze. RANDALL (2001d) konstatiert in Australien eine Samenproduktion von  $\leq 2000$  Samen je  $m^2$ . MACKEY *et al.* (1997) berichten über Samenerträge von 13000-15000 Samen je  $m^2$  in Queensland, Australien. BOTTON (1957) und BASKIN *et al.* (1998) geben das Tausendsamengewicht für *S. obtusifolia* mit 20-22 g an. CLAY & GRIFFIN (2000) und SY *et al.* (2001) ermittelten 22 bzw. 26 g.

BARARPOUR & OLIVER (1998) untersuchten den Bodensamenvorrat (20 cm Bodentiefe) und fanden unter intraspezifischen Konkurrenzbedingungen im ersten Jahr *ca.* 1100 und im zweiten Jahr 2500 Samen je  $m^2$ . Die Autoren stellten fest, dass die Samenbank auch nach 5 Jahren<sup>33</sup> noch nicht erschöpft ist. BASKIN *et al.* (1998) und RANDALL (2001d) geben allgemein den Hinweis auf einen Samenvorrat, der sich auf der Bodenoberfläche und im Boden bildet. Dieser wird von den gleichen Autoren als langfristiges Phänomen eingeschätzt.

Die Ausbreitung der Samen erfolgt durch unterschiedliche Medien bzw. Vektoren wie Flutwasser, (Säuge-)Tiere (extern oder durch den Verdauungskanal, d.h. Zoochorie; *cf.* JENNY 1991, URBANSKA 1992, MÜLLER 2002) und Fahrzeugreifen (BOLTON 1989, MACKEY *et al.* 1997, RANDALL 2001d).

Leguminosensamen sind i.d.R. hartschalig und (Wasser-)undurchlässig. Das trifft auch für *S. obtusifolia* zu (EASTIN 1981, MURPHY *et al.* 1986, ISAACS *et al.* 1989, HALL & VANDIVER 1991, BASKIN & BASKIN 1998). Die Samenschale ist mit einer Wachsschicht überzogen (TAYLOR & OLIVER 1997). Daraus ergibt sich die Eigenschaft der Samen lange im Boden auszuharren. Man spricht von einer Hartschalen- oder physikalischen bzw. primären Dormanz (POSCHLOD 1991, BASKIN *et al.* 1998, 1999). SENSEMAN & OLIVER (1993) gehen von polymorphen Samen aus. BASKIN *et al.* (1998) berichten von grünen, harten, dormanten Samen (90% der anfallenden Samenmenge einer *S. obtusifolia*-Pflanze) und von braunen, nicht dormanten Samen (10%) und folgern, dass es sich hier um einen dimorphen Anpassungsprozess

an unterschiedliche Umweltbedingungen handelt. TAYLOR & OLIVER (1997) stellten eine Keimfähigkeit von  $\geq 90\%$  bei frischen Samen fest, jedoch nur eine geringe Keimung. EASTIN (1981) konnte keine Keimung bei frischen, reifen, handgesammelten Samen feststellen. CREEL *et al.* (1968), SINGH (1968a) und RETZINGER (1984) geben die Keimrate unbehandelter Samen mit 5-10% an. Im Experiment lässt sich die Keimrate künstlich durch kurzzeitiges Eintauchen in kochendes Wasser auf 39% erhöhen. Dagegen wirkt Kochen von  $\geq 20$  s zerstörend auf die Samen (SY *et al.* 2001). Mechanische bzw. chemische Skarifizierung steigern die Keimung auf 97-100% (EASTIN 1981, BASKIN *et al.* 1998). Die Verwendung von Wachstumsregulatoren (u.a. Phytohormonen) wurde von SINGH & MURTY (1987) untersucht. Dabei wurden positive Auswirkungen auf den Keimvorgang von skarifizierten Samen konstatiert. Samen der Kontrolle zeigten *ca.* 80% Keimung, aber 100% im Beisein von Gibberellin. Feuer hat einen stimulierenden Effekt auf die Keimung von *S. obtusifolia*-Samen (ANNING *et al.* 1989, *cf.* SEMPLE 1972).

Die Samen bleiben über einen längeren Zeitraum keimfähig. JÜRGENS (1979) spricht allgemein von mehreren Jahren. Der Anteil an keimfähigen Samen nimmt jedoch sukzessive ab. Trocken (im Labor) gelagerte Samen waren nach 1 Jahr zu 68% (SINGH 1968a) und nach 3 Jahren zu *ca.* 22% keimfähig (HOLM *et al.* 1997). *Senna obtusifolia*-Samen, die im Boden lagerten, gelangten nach 0,5; 1,5 und 2,5 Jahren noch zu 91, 18 und 10% zur Keimung (ISAACS *et al.* 1989). Feldexperimente mit im Boden gelagerten Samen ergaben bei einer Bodentiefe von 2,5 cm nach 3, 6 und 9 Monaten eine Gesamtkeimfähigkeit von 82, 71 und 2% (MURPHY *et al.* 1986). Dieselben Autoren konstatierten bei einer Tiefe von 15 cm eine Keimfähigkeit nach 3, 6 und 9 Monaten von 82, 75 bzw. 35%, was bedeutet, dass tiefer und längerfristig gelagerte Samen ein größeres Keimpotential aufweisen.

Die Keimung ist von Faktoren wie Wasser (HOLM *et al.* 1997) und Temperatur (BURLESON *et al.* 1998) abhängig. Der erste Regen reicht aus, um die Keimung anzuregen (CARVALHO & GILLET 1960, HALL & VANDIVER 1991, SKEA pers. Mitteil. 1993). Bei 75% Feldkapazität (DAIYA *et al.* 1983) und einem osmotischen Druck von  $> 200$  kPa (BURLESON *et al.* 1998) keimen die Samen. Licht dient zwar als Faktor bei der Keiminduktion (*cf.* KARVÉ 1962), hat aber keinen Einfluss auf den Keimerfolg (HOLM *et al.* 1997, BASKIN *et al.* 1998). So wurden von den letztgenannten Autoren unbehandelte Samen bei einer Temperatur von 35-40°C Licht bzw. Dunkelheit ausgesetzt. Das Keimergebnis betrug 17-22 bzw. 10-22%. Skarifizierte Samen erbrachten in beiden Fällen 100% Keimung. Bei hohen Feldtemperaturen wird der

---

<sup>33</sup> Samenbanken  $> 5$  Jahre werden als permanent bezeichnet (*cf.* POSCHLOD 1991)



Keimprozess ausgelöst. TEEM *et al.* (1980), HALL & VANDIVER 1991, WRIGHT *et al.* (1999a) und SY *et al.* (2001) geben die optimale Keimtemperatur mit (24-)26-36°C an. SOUZA FILHO *et al.* (1998) ermittelten Keimvorgänge bei einem pH-Wert von 3-11 und einer Aluminiumkonzentration von 0-2 meq 100 ml<sup>-1</sup> sowie eine Salztoleranzgrenze von 150 mmol (NaCl). Dieselben Autoren beobachteten einen Sämlingsauflauf von *S. obtusifolia*-Samen, die 8 cm tief im Boden platziert worden waren. TEEM *et al.* (1980) geben die Bodentiefe, aus der *S. obtusifolia*-Samen zur Keimung an die Oberfläche gelangten sogar mit 13 cm an, was einen Wettbewerbsvorteil für *S. obtusifolia* gegenüber vielen Pflanzen bedeutet. Allerdings sinkt die Anzahl der erfolgreich gekeimten *S. obtusifolia*-Pflanzen bei einer Bodentiefe von 10 cm auf unter 40% (SHAW *et al.* 1990).

### 3.5 Physiologische Grundlagen

*Senna obtusifolia* ist nach ihrem photosynthetischen Stoffkreislauf eine C<sub>3</sub>-Pflanze. Wachstum und Entwicklung hängen insbesondere von der Bodenbeschaffenheit und dem Platzangebot ab. Sie steht häufig in dichten, artenarmen Gesellschaften (HOLM *et al.* 1997). Auf die Wuchsformen wurde bereits hingewiesen. Unter Platzmangel wachsen die Pflanzen aufrecht, während sie ohne Raumknappheit eine buschartige Form annehmen. Untersuchungen über die innerartliche Konkurrenz zeigen, dass morphologische Merkmale sich in Abhängigkeit von der Bestandsdichte verhalten. So nimmt der Sprossquerschnitt, die Anzahl der Seitentriebe und der Trockensubstanzertrag bei steigender Populationsdichte ab, während die Wuchshöhe zunimmt (SMITH & JORDAN 1994).

#### 3.5.1 Vorkommen und allgemeine Umweltsprüche

*Senna obtusifolia* wächst an Ufern von Gewässern, ist ein wucherndes Unkraut auf Weideflächen, in Pflanzungen, in Gärten und kommt an Straßenrändern sowie auf Ödland vor. Sie tritt insbesondere in Siedlungsnähe auf, meist 0-500 m über NN. In Mexiko, Kolumbien und dem brasilianischen Pantanal findet man sie bis 1100 m und im tropischen Ostafrika bis zu einer Höhe von 1680 m (ENGLER 1925, HOOKER & BENTHAM 1966, JÜRGENS 1977, IRWIN & BARNEBY 1982, PAGANUCCI 2002). *Senna obtusifolia* verträgt trockenes Klima gut (KOORDERS 1912, JÜRGENS 1979, HOLM *et al.* 1997, SY *et al.* 2001), wurden aber auch in Niederschlagsgebieten mit über 4000 mm beobachtet (HOLM *et al.* 1997). Die Böden zeigen eine ähnliche Variationsbreite (HOLM *et al.* 1997). Sandige Böden werden bevorzugt, wobei *S. obtusifolia* häufig in Bodendepressionen mit periodischer Überflutung angetroffen wird

(BARTHA 1970, ZECH 1980, BECKER 1984, SMUWC 2001). Es werden pH-Wert-Schwankungen im Boden von 3,2-7,9 toleriert, wobei der optimale pH-Wert bei 6,25 liegt (CREEL *et al.* 1968, TURNER & KARLANDLER 1975, DUKE 1979 zit. in HOLM *et al.* 1997).

TURNER & KARLANDLER (1975) geben allgemein eine Temperaturspanne von 18-36°C für Wachstums- und Keimprozesse an. Die optimale Temperatur für das Wachstum der Keimlinge liegt bei 30-36°C (HOLM *et al.* 1997). Dieselben Autoren geben ein optimales Wurzelwachstum bei einer Bodentemperatur von 25°C an. TEEM *et al.* (1974) beobachteten maximales Wurzelwachstum bei Lufttemperaturen von 32-39°C. Im Gewächshaus ermittelten FLINT *et al.* (1984) optimale Tages- und Nachttemperaturen für das Wachstum (Wuchshöhe, Blattfläche und Gesamttrockensubstanz) von 23/17-29/23°C, wobei das Blättchenwachstum bei 29/23°C am höchsten war. PATTERSON (1993) stellte ein hohes Temperaturoptimum von 34/26°C für das Wachstum fest und beobachtete z.B. bei diesen Temperaturen ein maximales Höhenwachstum. Die Blattfläche, die Trockensubstanz und die Anzahl der Blätter erreichten ihr Maximum bei 29/26°C. Blattmerkmale sind abhängig von der Tagestemperatur, während die Pflanzenhöhe und das Frischgewicht von der Nachttemperatur bestimmt werden. PATTERSON (1993) zufolge findet unter 13°C kein Blattwachstum statt. WRIGHT *et al.* (1999a) bestätigen diese Temperaturwerte.

*Senna obtusifolia* wird als Testpflanze für Klimamodelle verwendet, die u.a. den Treibhauseffekt evaluieren. Im Experiment wirkt sich eine Erhöhung von CO<sub>2</sub> (auf 700 ppm) fördernd auf die Biomasseproduktion und die Wuchshöhe aus. Desgleichen wurde eine erhöhte Aktivität der Spaltöffnungen (Stomata) festgestellt. Dagegen hat eine hohe CO<sub>2</sub> Konzentration einen negativen Effekt auf die Keimung und den Blattflächenindex in Phytozönosen, die überwiegend *S. obtusifolia* aufweisen. Im Falle einer Erhöhung von CO<sub>2</sub> in Kombination mit steigender Temperatur reagiert *S. obtusifolia* insbesondere mit einer gesteigerten Blattproduktion (PATTERSON & FLINT 1982, TREMMEL & PATTERSON 1993, 1994, FARNSWORTH & BAZZAZ 1995, THOMAS *et al.* 1999).

### 3.5.2 Lebenszyklus

Angaben zum Blühverhalten und Zeitpunkt der Hülsenbildung variieren regional. Diese Prozesse sind stark abhängig vom Zeitpunkt der Keimung, Wachstumsgeschwindigkeit und der o.g. Konkurrenz. Letztere kann auch durch andere Arten hervorgerufen werden. Abioti-

sche Faktoren, wie Nährstoff- und Wasserangebot, spielen ebenfalls eine Rolle. *Senna obtusifolia* ist eine Kurztagspflanze, die einer Lichteinwirkung von 6-12 h für die Auslösung des Blühvorgangs bedarf (TURNER & KARLANDLER 1975, WRIGHT *et al.* 1999a). In den südlichen USA und der Karibik blüht *Senna obtusifolia* etwa 30-42 Tage nach dem Auflaufen (JÜRGENS 1979, BARARPOUR & OLIVER 1998). In Louisiana beobachtete RETZINGER (1984) blühende Pflanzen im Mittel 57-72 Tage nach dem Auflaufen. Laut SENSEMAN & OLIVER (1993) benötigte *S. obtusifolia* in Arkansas ohne Konkurrenz 70 Tage bis zum Blühbeginn, während es unter Konkurrenzbedingungen mit Sojabohnen 78 Tage waren. In einem Versuch im gleichen US-Bundesstaat wurden 4 Tage von der Aussaat bis zum Auflaufen beobachtet. Die Pflanzen benötigten hier 45 Tage bis zur Blühinduktion (TAYLOR & OLIVER 1997). In Südindien zählten VADIVEL & JANARDHANAN (2002) zwischen 68-80 Tage bis zum Beginn der Blüte.

In Ghana (IRVINE 1961) wurden blühende *S. obtusifolia* von Dezember bis Januar registriert. WHITE (1962) beobachtete in Sambia blühende Pflanzen im März, August und Dezember. Pflanzen in der gemäßigten Klimazone der USA zeigen Blüten von Juli bis Dezember. Auf den Antillen, und in Mittelamerika blüht *S. obtusifolia* von Juni bis März und in Südamerika von Oktober bis Mai. Im Bereich des Äquators wird eine ganzjährige Blühaktivität beobachtet, insbesondere während der feuchten Perioden, oder allgemeiner unter günstigen Bedingungen (JÜRGENS 1979, IRWIN & BARNEBY 1982, ERHARDT *et al.* 2000).

Die Blüten der *Cassiinae* scheiden für gewöhnlich keinen Nektar ab (JAMIESON & REYNOLDS 1967). Der Pollen wird durch die apikalen Poren oder Schlitze der Staubbeutel geschüttet. Er wird während der Vibration, hervorgerufen durch Bienen oder Hummeln, zur Bestäubung freigegeben (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER 1988, FRAZEE & MARQUIS 1994, WILLIAMS & FENSTER 1998). Viele *Senna* spp. sind gut an diese Art der Vibrationsbefruchtung angepasst (DULBERGER *et al.* 1994). Bei *S. obtusifolia* hingegen ist das Gynoeceum über die Staubblätter gebogen (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER 1988), was auf Selbstbefruchtung schließen lässt (RETZINGER 1984). Es wird angenommen, dass sich die *S. obtusifolia*-Blüte im späten Knospenstadium selbst befruchtet, zu einem Zeitpunkt, da die Blüten noch nicht geöffnet sind und der gebogene Griffel mit Narbe sich direkt den Staubbeuteln entgegenstreckt, welche den Pollen ausschütten (IRWIN & BARNEBY 1982).

Um die Hülsenbildung auszulösen, benötigt *S. obtusifolia* 8-11 h Tageslicht (HOLM *et al.* 1997). In Arkansas wurden *S. obtusifolia*-Pflanzen beobachtet, die 62 Tage bis zum Wachstum von 9 cm langen Hülsen benötigten. Mit 74 Tagen erreichten die Hülsen eine Länge von 15-30 cm und mit 94 Tagen eine Länge von 20-36 cm (TAYLOR & OLIVER 1997). Im Verlauf

der Entwicklung der Hülsen wurden in Abhängigkeit von der Hülsenlänge die folgende Anzahl Samen festgestellt: bei 5 cm 9-10 Samen, bei 10 cm 17 Samen und bei 19 cm 32 Samen je Hülse (BARARPOUR & OLIVER 1998). Die Hülsen reifen und öffnen sich relativ langsam über einen Zeitraum von 7-20 Tagen (FARNSWORTH & BAZZAZ 1995). Dabei bleiben einige Samen in der Hülse, andere fallen in der unmittelbaren Nähe der Pflanzen auf den Boden. Die weiteste Entfernung von Samen einer *S. obtusifolia*-Pflanze wird von MACKEY *et al.* (1997) mit 5 m angegeben. Es sei darauf hingewiesen, dass viele Wachstumsvorgänge, wie Kotyledonenentfaltung und Blüte photomorphogenetischen Prozessen, d.h. einem tagesperiodischen Rhythmus unterliegen (*cf.* KARVÉ 1962, HOLM *et al.* 1997).

SENSEMAN & OLIVER (1993) und BASKIN *et al.* (1999) fassen einige ökologische Parameter der Entwicklung von *S. obtusifolia* wie folgt zusammen: *Senna obtusifolia* ist eine fakultative Kurztagspflanze mit opportunistischen Keim- und Blühstrategien. Sie hat eine kurze Lebensphase, zeigt eine rapide Entwicklung und frühe Reproduktion, wobei diese für jede Pflanze einmalig (annuelle Art) ist. Auf Grund einer hohen Reproduktionsleistung und eines plastischen Phänotyps und der oben genannten Charakteristika wird *S. obtusifolia* als Ruderalpflanze (r- bzw. R-Strategen, SCHULZE *et al.* 2002) mit hoher Tendenz zum Unkraut bezeichnet (BASKIN *et al.* 1999, BÖHM 2001).

Abschließend zwei Bemerkungen zu den Blättern. Die Kutikula von *S. obtusifolia*-Blättern ist mit einer Wachsschicht überzogen, die aus Fettsäuren, Alkoholen und Kohlenwasserstoffen besteht (WILKINSON 1970a-b, 1972, 1974). Die Blattepidermis wird mit zunehmendem Alter der Pflanze dicker (ANNING *et al.* 1989). Weiterhin falten sich die Blättchen in einem Tag- und Nachtrhythmus oder bei Bewölkung zusammen (autonome, endogene Blattbewegung, Nyctinastie: KRAATZ & ANDERSEN 1980, NORSWORTHY *et al.* 1999). Pflanzen die permanent Licht ausgesetzt wurden behielten diesen Rhythmus bei, wenn auch nicht ganz so deutlich (HOLM *et al.* 1997). Außerdem geschieht dies bei Trockenheit bzw. hoher Verdunstung und wird als gesteigerte Trockenresistenz gewertet (stressbedingte Blattfaltung: DAIYA *et al.* 1983, *cf.* SCHULZE *et al.* 2002). Der Vorgang beruht auf artspezifischen bioaktiven Substanzen, die in einem Gleichgewicht von Blatt-öffnenden und -schließenden Komponenten stehen. Dabei spielt die Änderung des Zellurgors und der Transport von Kalium-(K<sup>+</sup>)-Ionen eine entscheidende Rolle. Die Blätter schließen sich bei diesem Prozess, indem sie sich mit den Blattoberflächen aufeinander zu bewegen und vollziehen danach eine Abwärtsdrehung (KRAATZ & ANDERSEN 1980, DAIYA *et al.* 1983, NORSWORTHY *et al.* 1999, *cf.* ROTHE 2001).

Die Wachsschicht und die Blattbewegung haben Konsequenzen für die Bekämpfung von *S. obtusifolia* (cf. Abschnitt 3.7 bzw. 4.2.2). Das Vorhandensein von Wachsen auf dem Laub dieser Pflanzen mag weiterhin eine mögliche Ursache für die geringe Palatabilität und folglich das Vermeiden durch Weidetiere sein. Im folgenden Abschnitt werden die Inhaltsstoffe von *S. obtusifolia* und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten der Nutzung bzw. Schädwirkungen erläutert.

### 3.6 Chemische Zusammensetzung und Nutzmöglichkeiten

#### 3.6.1 Rohnährstoffe und anti-nutritive Substanzen

Bei den Nährstoffen von *S. obtusifolia* fällt der hohe Rohproteingehalt auf. Er grenzt für Samen an den Bereich einiger Körnerleguminosen wie z.B. *Lablab purpureus* (L.) Sweet, *Phaseolus vulgaris* Linn. und *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (GRANT *et al.* 1995, MOHAN & JANARDHANAN 1995, MURPHY & COLUCCI 1999). Im Vergleich zu *S. obtusifolia*-Samen (75-81%) wird die Verdaulichkeit des Proteins z.B. bei Samen von *Senna floribunda* (Cav.) Irwin & Barneby mit 62% (SIDDHURAJU *et al.* 1995) und für *Phaseolus lunatus* Linn. mit 66% angegeben (GÖHL 1981, LEGEL 1984). Des Weiteren werden Energiegehalt und Verdaulichkeit der organischen Substanz als hoch eingeschätzt (STEINGAß pers. Mitteil. 1995).

Aus Tabelle 3.4 sind die in der Literatur verfügbaren Angaben über die Rohnährstoffe von *S. obtusifolia*-Blättern und -Samen ersichtlich.

Tab. 3.4 Rohnährstoffgehalt in der Trockensubstanz und Proteinverdaulichkeit [%] sowie Energiegehalt [MJ kg<sup>-1</sup> TS] von *Senna obtusifolia*

Rohnährstoff	Blätter	Samen	Literatur
Trockensubstanz	20,5	89,7	BECKER (1984) MURPHY <i>et al.</i> (1986)
Rohprotein	22-24	14-23	WU LEUNG <i>et al.</i> (1968) DIRAR (1984) DIRAR <i>et al.</i> (1985) CRAWFORD <i>et al.</i> (1990) HARPER & COLLINS (1992)
Rohfaser	13,5	7,9-9,5	DIRAR <i>et al.</i> (1985) VADIVEL & JANARDHANAN (2002)
Rohfett	6,4	5,4-8,1	BARCLEY & EARLE (1974) DIRAR <i>et al.</i> (1985) VADIVEL & JANARDHANAN (2002)
Kohlenhydrate	n.b. <sup>1</sup>	55-66	MOHAN & JANARDHANAN (1995)
NFE	n.b.	62,0	VIJAYAKUMARI <i>et al.</i> (1993)
Rohasche	12,6	5,4	HARPER & COLLINS (1992) VADIVEL & JANARDHANAN (2002)
Energiegehalt	n.b.	15-16	VADIVEL & JANARDHANAN (2002)
Verdaulichkeit <sup>2</sup>	n.b.	75-81	GRANT <i>et al.</i> (1991) VADIVEL & JANARDHANAN (2002)

<sup>1</sup> nicht bestimmt, <sup>2</sup> *in vitro* Verdaulichkeit des Proteins

In Tabelle 3.5 sind die wichtigsten Aminosäuren zusammengefasst. Tryptophan wurde von keinem der o.g. Autoren festgestellt. Die Proteinfractionen können ihren Anteilen nach wie folgt aufgelistet werden: Globuline mit 58,3; Albumine 20,2; Gluteline 12,2; und Prolamine 9,3 g 100 g<sup>-1</sup> Samenprotein (VIJAYAKUMARI *et al.* 1993).

Tab. 3.5 Gehalt an nennenswerten Aminosäuren von *Senna obtusifolia* [g × 16 g<sup>-1</sup> N] (DIRAR *et al.* 1985, VIJAYAKUMARI *et al.* 1993, VADIVEL & JANARDHANAN 2002)

Aminosäure	Blätter	Samen
Glutaminsäure	13,6	19,8
Asparaginsäure	12,1	10,8-13,6
Leuzin	10,4	7,4
Lysin <sup>1</sup>	6,0-7,7	4,8-6,6
Methionin + Cystin	3,5	1,7

<sup>1</sup> ähnliche Werte werden für Isoleuzin, Threonin, Phenylalanin und Valin angegeben

Unter den Fettsäuren (Samen) sind besonders Linolsäure mit 40-50%, Öl- und Palmitinsäure mit je 18-24% zu erwähnen (JOLLS 1991, VIJAYAKUMARI *et al.* 1993). Der Gehalt an Kalzium mit 6700-10000 mg kg<sup>-1</sup> TS in den Blättern (BARMINAS *et al.* 1998) bzw. 5500-7900 mg kg<sup>-1</sup> Samenmehl (VADIVEL & JANARDHANAN 2002) ist ebenfalls hoch. Bei den Spurenelementen werden Eisen, Zink und Kupfer genannt. Der Gehalt liegt für Eisen bei 530 und 120 mg kg<sup>-1</sup> TS in Blättern bzw. Samen. Die Werte für Zink und Kupfer werden bei Samen mit 150 bzw. 83 mg kg<sup>-1</sup> TS angegeben (VIJAYAKUMARI *et al.* 1993). Eine Untersuchung der Samen erbrachte keinen Nachweis über die Anreicherung von Schwermetallen, wie Cadmium, Quecksilber oder Selen (CRAWFORD *et al.* 1990).

Die Blätter gelten als Quelle für die Vitamine A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, Niacin und C (FALCONER & ARNOLD 1988). Der Gehalt dieser Vitamine beträgt 35; 2,5; 5,0; 0,2 bzw. 1200 mg kg<sup>-1</sup> frische verzehrbare Blätter (BECKER 1982/83, 1984). Als weitere Bestandteile der Blätter werden Essigsäure, ungesättigte Alkoholverbindungen und Amine genannt (DIRAR *et al.* 1985).

*Senna obtusifolia* enthält eine Reihe von anti-nutritiven Substanzen. Tabelle 3.6 gibt einen Überblick über die wichtigsten Verbindungen und deren Gehalte.

Tab. 3.6 Gehalt an wichtigen anti-nutritiven Substanzen von *Senna obtusifolia*-Samen (VADIVEL & JANARDHANAN 2002)

Verbindung	Einheit	Gehalt
freie Phenole	[in % TS]	0,4-0,7
Tannine	[in % TS]	0,5-0,6
L-Dopa	[in % TS]	0,9-1,3
Trypsinhemmaktivität	[TUI mg <sup>-1</sup> Protein]	11,4-13,5
Chymotrypsinhemmaktivität	[CUI mg <sup>-1</sup> Protein]	10,8-12,3

In den Samen von *S. obtusifolia* wurde der Gehalt an anti-nutritiven Substanzen als gering bewertet (VADIVEL & JANARDHANAN 2002). Der Wert für Tannine liegt für *S. obtusifolia* um 0,6%. Ein Vergleich mit *Senna hirsuta* (L.) Irwin & Barneby, *S. floribunda* (Cav.) Irwin & Barneby und *S. occidentalis* zeigt Werte für Samen von 0,4-1,0; 0,3-0,6 bzw. 0,7-3,5% (VADIVEL *et al.* 1997, VADIVEL & JANARDHANAN 2000, 2001). Der Phenolgehalt von *Cassia sieberiana* ausgedrückt als Tanninsäureäquivalent wird von MAKKAR & BECKER (1998) mit 4,1% genannt. Der Tanningehalt von *Phaseolus vulgaris* wird mit 0,4-1,3% angegeben (BRESSANI & ELIAS 1979). Für *Senna siamea* wurde ein Tanningehalt der Blätter von 0,6 mg g<sup>-1</sup> festgestellt (AYUK *et al.* 2002). Auch der angegebene Bereich von L-Dopa (L-3-4-Dihydroxyphenylalanin) ist mit 0,9-1,3% in der Samentrockensubstanz von *S. obtusifolia*, verglichen mit z.B. *Mucuna pruriens* (L.) DC (*Papilionoideae*), bei der eine mittlere Schwankungsbreite von 4-6% in den Samen ausgewiesen wird, gering (ST-LAURENT *et al.* 2002).

Die angegebene Konzentration an Proteinase-Inhibitoren (Trypsin,  $\alpha$ -Chymotrypsin) von *S. obtusifolia*-Samen liegt mit 12,5 TUI bzw. 11,5 CUI mg<sup>-1</sup> Protein unter den Werten für *Papilionoideae* wie *Glycine max*, die mit 28,8 bzw. 17,4 angegeben werden, aber erheblich über denen von *Vicia faba* Linn. mit 1,5 bzw. 0,6 oder *Pisum sativum* Linn. mit 1,1 bzw. 3,3. Teilweise sind lange Erhitzungszeiten verbunden mit einer hohen Temperatur erforderlich, um diese Inhibitoren vollständig zu inaktivieren (MARQUARD 1998).

Eine weitere Gruppe von organischen Kohlenwasserstoffverbindungen sind Anthrachinone<sup>34</sup>. Chromatographische Untersuchungen der Samen und Wurzeln zeigten das Vorkommen von Heptaketiden (Cassialacton, Isolacton und Rubrofusarin). HEGNAUER (1996), RUSSEL *et al.* (1997), YAGI *et al.* (1998), KRINGS (2000) berichten über Anthrachinone in den Blättern. Diese sind u.a. Alaternin, Chrysophanol, Emodin, Obtusifolin, Obtusin, Physcion und Questin

<sup>34</sup> Chemie, Eigenschaften, Reaktionen *etc.*: BEYER & WALTER (1991)

(IRVINE 1961, SHIBATA *et al.* 1969, TAKAHASHI *et al.* 1978, KITANAKA & TAKIDO 1981, 1986, KITANAKA *et al.* 1985, 1990, LEWIS & SHIBAMOTO 1989, CRAWFORD *et al.* 1990, ALEMAYEHU *et al.* 1993, BOTTA & DELLE MONACHE 1993, HEGNAUER 1994, 1996, RUSSEL *et al.* 1997, GUO *et al.* 1998, AGARKAR & JADGE 1999, GIRI & NARASU 2000, LI *et al.* 2004, ZHENG *et al.* 2004). Der Gesamtanthrachinongehalt der Samen wird mit *ca.* 1-2% am Frischgewicht angegeben (*cf.* POETHKE *et al.* 1968, CRAWFORD *et al.* 1990). Aus dem Kallusgewebe wurden Aloe-Emodin, Emodin, Islandicin und Xanthorin isoliert (TAKAHASHI *et al.* 1978). Die genannten Anthrachinonverbindungen wurden als der giftige Bestandteil in *S. obtusifolia* identifiziert (FLUNKER *et al.* 1989, VOSS & BRENNECKE 1991). Erkenntnisse über die Chemie der frischen Samen zeigen nicht nur myo- sondern möglicherweise auch genotoxische Reaktionen. Zur Diskussion über die Toxizität von anthrachinonhaltigen Präparaten (Abführmittel) *cf.* Abschnitt 3.6.3.

### 3.6.2 Human- und Tierernährung

*Senna obtusifolia* wird als giftig beschrieben. Dennoch wird sie vielfach in der menschlichen Ernährung genutzt (BUSSON 1965, KUNKEL 1984, BARRETT 1990, FREEDMAN 1998). Durch Einweichen, Kochen oder Rösten der Blätter und Samen, werden die genannten anti-nutritiven Verbindungen inaktiviert, da sie (bis auf L-Dopa) wasserlöslich und sämtlich hitzelabil sind (VIJAYAKUMARI *et al.* 1993, LIENER 1994, HALLAGAN *et al.* 1997). Derartige Behandlungen ermöglichen einen unproblematischen Einsatz in der Humanernährung.

*Senna obtusifolia* wird in Westafrika als Gemüse gekocht und gegessen (IRVINE 1952, 1961, WATT & BREYER-BRANDWIJK 1962, BERHAUT 1975, BURKILL 1995, YAMOLEKA 2001). Auf den Verzehr von gekochten Blättern in Niger weisen SCHULZ & ADAMOU (1988), HUMPHRY *et al.* (1993) und SAHLIN (1993) hin. BANCE (2003) bestätigt die Verwendung von *S. obtusifolia*-Blättern als Gemüse in Burkina Faso. In Nigeria werden Blätter u.a. als Quelle von Spurenelementen für die menschliche Versorgung genutzt (BARMINAS *et al.* 1998). Für das Ferlo-Gebiet in Senegal geben BECKER (1984) und GRUBBEN & DENTON (2002) ähnliche Hinweise. CRÉAC'H (1949) nennt *S. obtusifolia* wichtig für die Verbesserung der Ernährungssituation im Tschad. BARRETT (1990) und PETERS *et al.* (1992) erweitern die Liste der Länder, in denen die Konsumtion von Blattgemüse eine Rolle spielt. Genannt werden Mali, Kamerun und Tansania, Ost- und Südafrika sowie südöstliche Bundesstaaten der USA. Forschungsergebnisse aus dem Sudan zeigen, dass die fermentierten Blätter von *S. obtusifolia* hier als Fleischersatz in der Ernährung wichtig sind (WICKENS 1976, DIRAR *et al.* 1985, ELFAKI *et al.* 1991,



HARPER & COLLINS 1992, DIRAR 1994, WANG & FUNG 1996). Volksgruppen, wie die Fulbe in Senegal und die Fur im Sudan, hängen während der Regenzeit von der Versorgung mit *S. obtusifolia* in beträchtlichem Umfang ab.

Eine weitere Rolle kommt den Samen bei der Bereitung verschiedener Getränke zu. So werden die Samen geröstet und gemahlen als Kaffeesubstitut verwendet (HOLLAND 1911, STEYAERT 1952, WIJK 1962, UPHOF 1968, IRWIN & BARNEBY 1982, BECKER 1984, PETERS *et al.* 1992). Die gerösteten Samen liefern außerdem Polysaccharide, wie Galactomannan (mit viskosen Eigenschaften), was ähnlich Guarkernmehl (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. (*Papilionoideae*), cf. ZHANG *et al.* 2005, URUAKPA & ARNTFIELD 2006) in der Lebensmittelindustrie u.a. als Binde- und Geliermittel eingesetzt werden kann (HALLAGAN *et al.* 1997, ABBOTT *et al.* 1998, CUNNINGHAM *et al.* 2001, DAAS *et al.* 2002, HARRY-O'KURU *et al.* 2005, WU & ABBOTT 2005). Der Gehalt dieser Polysaccharide im Samen liegt bei 2,8% (ABBOTT *et al.* 1998). Die Autoren prüften die Toxizität dieser Bindemittel und befanden sie für unbedenklich. Schließlich sei auf die anti-mikrobiellen Eigenschaften von Alkoholextrakten aus *S. obtusifolia*-Pflanzenmaterial hingewiesen (KITANAKA & TAKIDO 1986). Diese könnten z.B. bei der Herstellung pflanzlicher Präparate in der Lebensmittelkonservierung verwendet werden (ISSHIKI *et al.* 1993).

In der Literatur gehen die Meinungen über *S. obtusifolia* bezüglich Toxizität und Verwendung in der Tierfütterung auseinander (BARTH *et al.* 1994). Einerseits werden die frischen *S. obtusifolia*-Blätter zum Höhepunkt der Vegetationszeit als nicht schmackhaft charakterisiert (ZECH 1980, ELFAKI *et al.* 1991, HARPER & COLLINS 1992). Tiere verweigern in diesem Zustand die Aufnahme (LAKPINI *et al.* 1997, HASSAN 2000). Sämtliche frischen Teile gelten als giftig, wobei diese Wirkung mit zunehmendem Alter der Pflanze zunimmt (AES 1980, PUTNAM *et al.* 1988, KIRBY & ROGERS 1999). Studien über die Toxizität der Blätter ausgewachsener Pflanzen, die von einzelnen Rindern auf Weiden in den USA zusammen mit dem Weidefutter gefressen wurden, zeigen einen Rückgang der Produktionsdaten, Diarrhöe, Apathie, dunklen Harn, Tremor der Hinterbeine und Festliegen. Etwa 12 h danach verendet das Tier an Herzversagen. *Post mortem* Untersuchungen ergaben Degenerationserscheinungen der Skelett- und Herzmuskulatur sowie Veränderungen der Leber, Nieren und Lunge (NICHOLSON *et al.* 1977, AES 1980, KRINGS 2000). Die Autoren veröffentlichten keine Daten über die verzehrte Menge von *S. obtusifolia*. Eine frühzeitige Behandlung mit Vitamin E und/oder Selen ist mit unterschiedlichem Erfolg möglich (AES 1980, NICHOLSON *et al.* 1985/86, KIRBY & ROGERS 1999). Eine Verwendung von frischen, reifen und unbehandelten *S. obtusifolia*-Blät-

tern oder -Samen wird in der Tierfütterung aus diesen Gründen in den USA in Frage gestellt (NICHOLSON *et al.* 1977, FLORY *et al.* 1992, DAMRON 1998).

Andererseits wird *S. obtusifolia* zu bestimmten Zeiten im Vegetationsverlauf von Weidetieren in geringem Umfang aufgenommen (HARLAN 1956, MENENDEZ *et al.* 1979, DICKO & SIKENA 1992, KADIRI *et al.* 1996). Erkenntnisse aus Nigeria zeigen, dass insbesondere Schafe und Ziegen gelegentlich junge *S. obtusifolia*-Pflanzen verzehren (LEEUEW 1979 zit. in BIELFELDT 1993a, SKEA 1996d, ECKERT & HOFFMANN 1998). Beobachtungen in Niger ergaben ähnliche Aussagen (BARTHA 1970, SCHULZ & ADAMOU 1988). Während der Trockenzeit nehmen kleine Wiederkäuer in Nigeria die getrockneten Blätter und Sprosssteile von *S. obtusifolia* auf und liefern somit eine zusätzliche Futterquelle in Mangelsituationen (MALAMI *et al.* 1998). In Burkina Faso nehmen Weidetiere die Samen auf (KÉRÉ & THIOMBIANO 1999) und tragen auf diese Weise zur Verbreitung von *S. obtusifolia* bei (cf. Abschnitt 3.4). Behandlungen der Blätter durch Trocknung (Heu) und Fermentation (Silage, cf. Abschnitt 5.3.5) werden in der Literatur erwähnt (BARTHA 1970, CÉSAR *et al.* 1998, SANTOS *et al.* 1998). Im Gegensatz zur Humanernährung wird in der Tierfütterung das Einweichen oder Rösten der Samen nicht genannt. Die Autoren weisen darauf hin, dass *S. obtusifolia* im Ausnahmefall in geringem Umfang vom Weidevieh aufgenommen wird. Es kann dabei nicht über Beweidung von *S. obtusifolia* gesprochen werden.

### 3.6.3 Medizinische Verwendung

Samen, Blätter und Wurzeln von *S. obtusifolia* werden in der traditionellen und alternativen Humanmedizin eingesetzt. Die Yoruba in Südwestnigeria benutzen die Blätter von *S. obtusifolia* bei leichterem Fieber, Malaria und Erkrankungen der Atemwege (AINSLIE 1937). In Nordnigeria (Kano) wird sie von der Hausa-Bevölkerung zu vielen medizinischen Zwecken angewendet. HUSSAIN & KARATELA (1989) berichten u.a. über äußerliche Anwendung von trockenen Blättern bzw. Blattpulver mit Butter gemischt bei Muskel- bzw. Gelenkbeschwerden und -erkrankungen, wie Muskelentzündung, Lahmheit, Gelenkschmerzen, Arthritis, Rheuma und Ischias-Leiden. Die Liste der Symptome und Heilungsmethoden in Afrika ist lang (COLLADON 1816, HOLLAND 1911, GOOSSENS 1924, STANER & BOUTIQUE 1937, TERRAC 1947, GITHENS 1949, PERNET 1957, PERNET & MEYER 1957, NICKELL 1959, OLIVER 1959b, KERHARO & ADAM 1974, BERHAUT 1975, KOKWARO 1976, ADJANOHOOUN & AKÉ ASSI 1979, ADJANOHOOUN *et al.* 1980, 1981a, 1982, 1986, 1989, 1993, ETKIN 1981, FERNANDEZ 1985,

BOITEAU 1986, GRAND & WONDERGEM 1987, POLHILL & THULIN 1989, HODOUTO 1990, SIGIYAMA & KOMAN 1992, MRST 1995/96, NACOUUMA-OUEDRAOGO *et al.* 1997/98, EL-TAHIR *et al.* 1999, KAMESWARA RAO 2000, ARNOLD *et al.* 2002, CHIDUME *et al.* 2002, ZHANG & YU 2003, SUNG *et al.* 2004, LI *et al.* 2005). Die Autoren stimmen in folgenden Punkten überein: Pflanzenteile von *S. obtusifolia* sind entzündungshemmend, fiebersenkend, entgiftend und schmerzmildernd. Sie wirken anti-allergisch, anti-mikrobiell (besonders gegen Pilze und Plasmodien) und können sowohl exogen als auch endogen angewandt werden. Einstimmig ist auch die Eigenschaft laxierend und harntreibend zu wirken. Organe wie Leber, Verdauungskanal, Augen und Haut, sowie Muskulatur werden oft als Ziel der Behandlung genannt. Häufig wird auch die Anwendung bei Insektenstichen und Schlangenbiss aufgezählt. Bei der Eindämmung von Tropenkrankheiten, die durch *Aedes* (Gelbfieber) und *Culex* spp. übertragen werden, spielt die Nutzbarmachung von Samenkomponenten (Emodin) von *S. obtusifolia* als Insektizid eine Rolle (JANG *et al.* 2002, YANG *et al.* 2003). Am Rande sei erwähnt, dass u.a. in Nigeria und Benin die Anwendung bei rituellen Handlungen und Zauberei vorkommt (ADJANOHOON *et al.* 1989, BURKILL 1995).

Auch die Veterinärmedizin kennt Verwendungen für die Blätter von *S. obtusifolia* beispielsweise bei der Behandlung von „New Castle disease“ (ALDERS 1992) und Euterentzündungen (BESSIN *et al.* 1993, BÂ 1994, COLY 1994) sowie die Behandlung mit dem Absud der Wurzel bei Parasitenbefall (NIANG 1987).

Die in den Wurzeln von *S. obtusifolia* vorhandenen Laxantien ähneln denen von *S. alexandrina*-Blättern und -Früchten (CHANG *et al.* 1998), einer zur Gewinnung von Sennesdrogen<sup>35</sup> (LEMLI 1986, LAMAISSON *et al.* 1993, ROTH *et al.* 1994) in Nordafrika und Arabien kultivierten *Senna* sp. (ZEPERNICK *et al.* 1984, MAHMOUD 1985, RAZIN 1991, AYOUB 1994).

Die Diskussion über die Risiken bei der Anwendung von anthrachinonhaltigen Arzneimitteln hält an. LEWIS & SHIBAMOTO (1985), CRAWFORD & FRIEDMAN (1990), FRIEDMAN & HENIKA (1991) sowie CRAWFORD & KOCAN (1993) halten Emodin, Chrysophansäure und Physcion für mutagen. Demnach sollten anthrachinonhaltige Medikamente nicht zum Einsatz gelangen (*cf.* BAM 1996). Dagegen argumentieren BEUERS *et al.* (1991), KABELITZ & REIF (1994), UPHOFF *et al.* (1994), GRIMMINGER *et al.* (1995), LOEW (1995), MÜLLER *et al.* (1999) und

<sup>35</sup> *Senna alexandrina* liefert ein seit dem Altertum hochgeschätztes Abführmittel: *cf.* Tab. A3, GRIEVE (1971) LEIBOWITZ & MARCUS (1974) MASCOLO *et al.* (1998) TRIPATHI (1999)

STICKEL *et al.* (2001) dass bei ordnungsgemäßer Anwendung derartiger Drogen (Dosierung, Dauer) keine Gefahr einer Hepatotoxizität oder gar ein Krebsrisiko für den Patienten ausgeht.

### 3.6.4 Verwendung in der Landwirtschaft und Kultivierung

SCHMIDT *et al.* (1942), BOTTON (1957), ETÈKA *et al.* (1998) und AWODOYIN & OGUNYEMI (2006) erkannten die Bedeutung von *S. obtusifolia* als Gründünger, Mulch und Erosionsschutz in Afrika. Laut DIRAR (1984) werden im Sudan Hirsefelder inmitten eines *S. obtusifolia*-Bestands angelegt, so dass die schneller wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen die empfindliche Hirsekultur vor dem Wind schützen. Die etwa 2 m hohen trockenen Sprosssteile werden im Sudan (DIRAR 1984) und in Nigeria (eigene Beobachtung) als Baumaterial für Hütten verwendet.

In Burkina Faso und Senegal wurden Keim- und Wachstums- sowie Überlebensraten von *S. obtusifolia* unter pedologischen und klimatischen Bedingungen des Sahels getestet (HIEN *et al.* 1997, SY *et al.* 2001). Ziel der Untersuchungen war es, die Eignung dieser Pflanze als Erosionsschutz und zur Wasserkonservierung herauszufinden. In beiden Fällen ging man von einer degradierten Situation aus, was die Boden- und Vegetationsverhältnisse betrifft. Keimung und Überlebensrate einer Pionierpflanze wie *S. obtusifolia*, konnten als Variablen zur Messung des Erfolgs von Maßnahmen zur Boden- und Wasserkonservierung auf verkrusteten Böden empfohlen werden.

Die bereits genannten Inhaltsstoffe machen *S. obtusifolia* auch für den Einsatz als Pestizid (GRAINGE & AHMED 1988), Nematizid (PAIK & NOEL 1993, ABBOTT *et al.* 1998, *cf.* CADET *et al.* 2000), Myko-Herbizid (WALKER & TILLEY 1997, ABBOTT *et al.* 1998, BOYETTE 2000) oder Fungizid (LEE & LEE 2005) interessant. Wasserlösliche Phenolextrakte der Samen (LIM & MOON 1993) und nicht näher beschriebene Exudate der Wurzeln (ANNING *et al.* 1989) zeigen allelopathische Wirkung (*cf.* KRONBERG 2000a) auf Keimungs- und Wachstumsprozesse (CREEL *et al.* 1968, SHAW *et al.* 1991, LIM *et al.* 1992, MACKEY *et al.* 1997, RANDALL 2001b). Diese Eigenschaft könnte bei der Kontrolle von *Striga hermonthica* (Del.) Benth. (*Scrophulariaceae*) in Gambia eine Rolle spielen, wo *S. obtusifolia* als Antagonist getestet wird (CARSON & KUNJO 1991).

Eine weitere Nutzbarmachung von *S. obtusifolia* wird im Zusammenhang mit der biologischen Kontrolle von *Nezara viridulis* Linn. (*Heteroptera: Pentatomidae*) und *Anticarsia gemmatilis* Hübner (*Lepidoptera: Noctuidae*) in brasilianischen Soyakulturen genannt. Dabei

ist *S. obtusifolia* als Wirtspflanze verschiedener Predatoren dieser und weiterer Insektenarten (MACK *et al.* 1987) ein wichtiger Faktor für den Kontrollerfolg (ALTIERI & NICHOLLS 1997).

*Senna obtusifolia* wird in China (CAO 2001, ZHENG *et al.* 2004) und (Süd-)Korea (LEE *et al.* 1995, KIM *et al.* 1997, KANG pers. Mitteil. 2002) als Kulturpflanze für medizinische und kulinarische Zwecke angebaut. Siedler, die aus diesen Gebieten nach Afrika oder Südamerika kamen, brachten Samen mit und setzten in den neuen Ländern den Anbau von *S. obtusifolia* fort (*cf.* IRWIN & BARNEBY 1982, LOCK 1988). In China wurde *S. obtusifolia* züchterisch mit herkömmlichen Methoden verbessert. Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Pflanzenregeneration mittels Gewebekulturen wurden von ZHOU *et al.* (2001) veröffentlicht. Ziel ist es, eine Verbesserung von *S. obtusifolia* durch biotechnische Maßnahmen in Zukunft zu ermöglichen. Dies könnte Auswirkungen auf Ertrag und Qualität der Samen in den Anbaugebieten haben.

### 3.7 Bedeutung als Unkraut

Bei der Beschreibung der Botanik und den Standortansprüchen wurde darauf hingewiesen, dass *S. obtusifolia* als Unkraut in landwirtschaftlich genutzten Flächen auftreten kann. Unkräuter haben unterschiedliche Attribute und Definitionen erhalten. Ihr Hauptmerkmal ist in der Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit einer Fläche zu sehen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit ihrer Bekämpfung (AKOBUNDU 1987, ZWERGER 1995). „Unkräuter stellen eine spezielle Form der Vegetation dar, die in anthropogenbeeinflussten Flächen ausgesprochen erfolgreich ist.“ Im ökologischen Sinne sind Unkräuter „Pionierpflanzen der Sekundärvegetation, wobei das Kulturland als eine besondere Form zu verstehen ist“ (WILCUT 2002). Der Autor weist darauf hin, dass 70% der 250 bedeutendsten Unkrautarten zu denselben Pflanzenfamilien zählen, wie Kulturpflanzen (Mimikry: *cf.* AKOBUNDU 1987, MOHLER 2001a). *Senna obtusifolia* (Familie *Fabaceae*) macht hier keine Ausnahme. Speziell auf dem Weideland werden solche Pflanzen als Unkräuter bezeichnet, welche die Nutztiere, die Grasnarbe und die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen (ZELCK 1989). Weideunkräuter sind saisonal verschmähte Licht-, Nährstoff- und Wasserkonkurrenten (KEES *et al.* 1984, GLATZLE 1990: 113). COUSENS & MORTIMER (1995) ergänzen: Weideunkräuter, wie *S. obtusifolia*, verursachen Ertragsverlust durch Interferenz sowie Landverlust durch Invasion, sind Wirtspflanzen von (Phyto-)Pathogenen und reduzieren die Effizienz der Umwandlung von Weidebiomasse in tierische Erzeugnisse.

JÜRGENS (1979) liefert eine allgemeine Liste von Unkräutern, in der auch *S. obtusifolia* genannt wird, die sowohl in Ackerkulturen als auch auf dem Weideland vorkommt. HOLM *et al.* (1979, 1997) recherchierten weltweit über das Vorkommen und die Verbreitung von Unkräutern. Die Arten werden hier als synonym geführt (*Cassia tora* syn. *obtusifolia*) obwohl Forschungsergebnisse über *S. obtusifolia* und *S. tora* in ihre Studien einfließen, die nicht als synonym ausgewiesen werden (cf. SINGH 1968a hier zitiert). Legt man die Nomenklatur und Biologie beider Arten zu Grunde, kommt man (unter Verwendung der Arbeiten von HOLM *et al.* 1979, 1997) bezüglich der Verbreitung als Unkraut zu folgendem Schluss: *Senna obtusifolia* kommt von Mississippi bis Nordargentinien in Amerika, in der Sudansavanne Westafrikas, und entlang des Ostafrikanischen Grabenbruchs sowie in Australien vor. In Ecuador und Kolumbien wird *S. obtusifolia* als „ernstes Unkrautproblem“ bezeichnet (HOLM *et al.* 1979, 1997).

Die Autoren geben im letzteren Werk eine Liste der Länder, in denen *S. obtusifolia* als Weideunkraut vorkommt: Australien, Gambia, Nigeria sowie Kolumbien und Brasilien. Die genannten Länder geben in etwa das phyto-geographische Areal von *S. obtusifolia* wieder (cf. Karte Abb. 3.1). Somit stellt *S. obtusifolia* in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet ein Unkrautrisiko dar (cf. SOUZA FILHO *et al.* 1998, PALMER & PULLEN 2001). *Senna obtusifolia* wird von IVENS *et al.* (1978), ZECH (1980), HOUÉROU (1989, 1993) und DAF (1996) als Weideunkraut in Westafrika bestätigt. KALLAH *et al.* (1997) berichten von Verunkrautung auf Weideflächen durch *S. obtusifolia* in Nordnigeria. Auch in Ostafrika findet sie sich auf dem Grasland (THULIN 1994). Für Weiden im sub-humiden Nordosten Australiens wird ein über die Jahre zunehmendes Unkrautrisiko konstatiert (JAMES & FOSSETT 1982/83, ANNING *et al.* 1989, BOLTON 1989, NELDNER *et al.* 1997, NRM 2001b). *Senna obtusifolia* wird als invasive Art charakterisiert (DUNLOP *et al.* 2006), die, nach Verschwinden der Gräser, die offenen Stellen im Weideökosystem besiedelt (JÜRGENS 1977, 1979, COCK & EVANS 1984, MACKEY *et al.* 1997). Die Autoren kommen für Afrika und Australien übereinstimmend zu der Feststellung, dass die Übernutzung der Vegetation durch Überweidung der Auslöser der Verunkrautung von tropischen Weiden mit *S. obtusifolia* ist. Nach einer Besiedlung durch *S. obtusifolia* erhöht sich der Weidedruck auf die verbleibende Fläche, da die Weidetiere die heranwachsenden Pflanzen bis auf erwähnte Ausnahmen verschmähen. In Tabelle 3.7 werden die Strategien von *S. obtusifolia* zusammengefasst, die sie als Unkraut auf gestörten Weideflächen so erfolgreich sein lässt (cf. MOHLER 2001b).

Tab. 3.7 Physiologische Mechanismen und Erfolgsstrategien von *Senna obtusifolia* auf dem Weideland (ANNING *et al.* 1989, SHAW *et al.* 1989, NOITSAKIS & NASTIS 1998)

Wachstumsphase, Pflanzenteil	Strategie
Keimlinge und wachsende Pflanzen	• kräftig, schnell wachsend
wachsende Pflanzen, Blatt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wachshaltige, dicker werdende Blattkutikula; Schutz vor Insektenfraß und Herbiziden, Verdunstungsschutz</li> <li>• Trockenstress wird durch Blattfaltung, Transpirationsschutz und effektiven Wasserhaushalt ausgeglichen</li> <li>• nicht schmackhaft</li> </ul>
Samenschale	• hart, > 5 Jahre keimfähig
Samenertrag	• <i>ca.</i> 3000 kg ha <sup>-1</sup>
Bodensamenvorrat	• <i>ca.</i> 300 kg ha <sup>-1</sup>
Samenverbreitung	• Tiere nehmen Samen auf, Verbreitung durch Dung
Pfahlwurzel mit Mykorrhiza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorteil bei Wasser- und Nährstoffaufnahme</li> <li>• Exudat, allelopathische Wirkung auf Nachbarpflanzen</li> </ul>

*Senna obtusifolia* nimmt als Unkraut in landwirtschaftlichen Kulturen wie Soja (*G. max*), Erdnuss (*A. hypogaea*), Baumwolle (*Gossypium hirsutum* Linn.) und Dauerpflanzungen in den USA, eine zentrale Stellung ein (VIDRINE *et al.* 1993, PAUDEL *et al.* 1998, PAULSGROVE *et al.* 1998, LI *et al.* 2000, SOUTH 2000, EDENFIELD *et al.* 2001, BRIDGES *et al.* 2002). In Venezuela kommt sie im Maisanbau (*Zea mais* Linn.) vor (TINEO 2000). In Indien wird *S. obtusifolia* u.a. im Reisanbau (*Oryza* spp.) als Unkraut genannt (PATRO & NANDA 1988).

#### 4 Möglichkeiten der Kontrolle von *Senna obtusifolia*

Weiden bestehen – im Gegensatz zu Ackerkulturen – aus Pflanzengesellschaften, deren primäre Bedeutung in der Futterqualität besteht (KEES *et al.* 1984). Eine Verunkrautung des Weidelands kann mehrere Ursachen haben, deshalb ist eine detaillierte Betrachtung der natürlichen Einflussfaktoren wie Boden- und Witterungseinflüsse sowie bewirtschaftungsbedingter Faktoren bzw. Fehlerquellen erforderlich. Problem – Ursache – Vorbeugung sind zusammenhängend in einer Kausalkette vernetzt, wobei der Bewirtschaftung eine Schlüsselstellung zukommt (aus GALLER 1989: 7ff.).

Aus Tabelle 4 sind die grundsätzlichen Möglichkeiten der Kontrolle von Unkräutern auf tropischen Weiden ersichtlich (nach ZELCK 1989, BÖRNER 1995, PALLUT *et al.* 2002).

Tab. 4 Möglichkeiten der Kontrolle von Unkräutern auf tropischen Weiden

Kontrollmaßnahmen	Verfahren
indirekte Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung (Weideverfahren)</li> <li>• Weidehygiene</li> <li>• Nährstoffversorgung/-entzug</li> </ul>
direkte Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mechanische Verfahren</li> <li>• pyrotechnische Verfahren</li> <li>• chemische Verfahren</li> <li>• biologische Verfahren</li> </ul>

##### 4.1 Indirekte Maßnahmen

Standortfaktoren, wie Wasserüberschuss, Trockenheit und Topographie, stehen als natürliche Voraussetzungen im Weideökosystem fest. Daraus ergeben sich beeinflussbare Aspekte, die im Wechselwirkungskomplex der indirekten Unkrautbekämpfung eine Rolle spielen, nämlich Weidenutzung und Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen (OPITZ 1994). Diese Aspekte können unter dem Begriff kulturtechnische Möglichkeiten der Verhinderung bzw. Reduzierung von unerwünschten Pflanzen auf Weideflächen zusammengefasst werden. Sie setzen bei den Ursachen der Verunkrautung an (AMMON 2002). Diese sind zum einen durch den Standort vorgegeben, d.h. klimatische (Trockenperiode) bzw. pedologische (Nährstoff- und Wasserangebot) Faktoren können eine Veränderung der Artenzusammensetzung begünstigen. Zum anderen wird durch Bewirtschaftungsmängel, wie Übernutzung (zu früh, zu häufig) oder



Verletzung der Pflanzendecke (Viehtritt) der Anteil an Unkräutern im Bestand erhöht (cf. ROBBINS *et al.* 1942, ALKÄMPER 1986, AMMON 2002). Entsprechenden Weideverfahren, wie Umtriebs- („rotational grazing“) und versetzte Wechselweide bzw. Sparweide („deferred grazing“) wurde große Bedeutung im Vergleich zur Standweide („continuous grazing“) zugemessen (HEADY & HEADY 1982). Studien in den Tropen und Subtropen zeigten jedoch bislang keine Unterschiede zwischen Stand- und Umtriebs- bzw. Wechselweiden (HUMPHREYS 1991: 159ff.). Vielmehr sieht man in der Anpassung des Tierbesatzes („continuous variable stocking“), Weideschonung, Weidedruck (beweidungsempfindliche Phase unerwünschter Arten) und Mischherden (Futterpräferenz) sowie in der Verbesserung der Verteilung von Tränken (Vermeidung punktueller Über-/Unternutzung) die wesentlichen Ansätze der indirekten Bekämpfung von Weideunkräutern in den Tropen (GLATZLE 1990, HUMPHREYS 1991).

Dem Aspekt der Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern widmet sich zunehmend das Interesse (cf. SCHMID 1991, VILÀ *et al.* 2004). Pflanzen konkurrieren um Licht, Wasser und Nährstoffe (WINKLER 1973, GEROWITT 2002). Mit Hilfe von Konkurrenzversuchen gewinnt man Erkenntnisse über die Biologie der Unkrautpflanzen. Diese Studien geben Auskunft über die kritische Unkrautphase, d.h., zu welchem Zeitpunkt im Wachstumsverlauf ein Bestand unkrautfrei sein muss, um konkurrenzfähig zu sein (cf. ZIMDAHL 1980, RADOSEVICH *et al.* 1997). Aus Beobachtungen in Nordostaustralien geht hervor, dass *S. obtusifolia*, insbesondere in der Sämlingsphase, im Vorteil gegenüber anderen Weidepflanzen in lückiger Vegetation ist (ANNING *et al.* 1989). Der wichtigste Faktor ist die im Abschnitt 3.4 erwähnte Fähigkeit von *S. obtusifolia* bereits bei geringen Niederschlägen zu keimen, und somit einen gewissen Vorsprung gegenüber der restlichen Weidevegetation zu erlangen.

Die Konkurrenz von Unkrautarten gegenüber Futterpflanzen ist nach ZELCK (1989) abhängig vom Klima, Bodentyp, Art und Dichte der Pflanzen sowie Beweidungsintensität und -häufigkeit. Eine geschlossene Vegetationsdecke auf der Weide, z.B. bestehend aus *Brachiaria decumbens* Stapf bzw. *Digitaria decumbens* Stent. oder einer gut geführten Weide mit perennierenden Arten, verhindert das Aufkommen von *S. obtusifolia* auf australischem Grasland mit sub-humiden Klimabedingungen (JAMES & FOSSETT 1982/83, NELDNER *et al.* 1997, NRM 2001b, MICHAEL *et al.* 2005). *Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy wird für semi-aride Gebiete in Australien vorgeschlagen (CAMERON 1996).

Die Etablierung von Futtergräsern und -leguminosen ist aus der Sicht der Tierproduktion und der Weideführung im Hinblick auf die Kontrolle von *S. obtusifolia* als vorteilhaft anzusehen.

Dabei kommt den autochthonen bzw. an den Standort angepassten Arten große Bedeutung zu. Gräser wie *A. gayanus*, *Brachiaria mutica* und *Setaria sphacelata* (RISOPOULOS 1969, ANNING *et al.* 1989, LEGEL 1990b, CAMERON & LEMCKE 1996, MACKEY *et al.* 1997) kommen für die semi-ariden Klimaverhältnisse in Nordnigeria in Frage. Leguminosen, wie *Lablab purpureus*, *Stylosanthes humilis* Kunth. und *Centrosema pascuorum* Benth., eignen sich (LEEUEW 1974, SKERMAN *et al.* 1988, LEGEL 1990b, TARAWALI 1994, THOMAS & SUMBERG 1995, MURPHY & COLUCCI 1999, PETERS *et al.* 2000) und sind aus Sicht der Tierernährung (PÄTZOLD 1978, MINSON 1981, SCHAFFT 1988, POPPI & MCLENNAN 1995, SANGINGA *et al.* 1996) und Bodenfruchtbarkeit (SIMPSON & STOBBS 1981, HUMPHREYS 1987, 1991, BODDEY *et al.* 1997, TIAN *et al.* 2000) mit der damit verbundenen Verbesserung der Stickstoffversorgung für die Weidevegetation (DWIVEDI *et al.* 1991, CHALK & SMITH 1997, GIL *et al.* 1997) hervorzuheben (cf. Tab. A8.1-2).

Die Ausbringung von Düngemitteln ist auf Weiden in Entwicklungsländern nur selten rentabel (GLATZLE 1990). Für 50 kg  $P_2O_5$  ist mit Kosten von 450 ₦  $\approx$  18 US\$ zu rechnen (SKEA pers. Mitteil. 1996). Dem Aspekt der Weidehygiene kann unter den Bedingungen der Sudansavanne, mit ständig wandernden Tierherden, keine Rechnung getragen werden. Da *S. obtusifolia*-Samen durch Weidetiere verbreitet werden, wäre die Einhaltung einer Karenzzeit (7 Tage) für neu hinzukommende Tiere aus mit *S. obtusifolia* verunkrauteten Weiden von Vorteil, wie sie z.B. in Australien angestrebt wird (MACKEY *et al.* 1997, NRM 2001b). In der Saatguthygiene (KASASIAN 1971, GLATZLE 1990) liegt bei Ansaaten eine Möglichkeit der Verhinderung des Unkrauteintrags auf tropische Weiden.

## 4.2 Direkte Maßnahmen

### 4.2.1 Mechanische und pyrotechnische Verfahren

Mechanische und pyrotechnische Verfahren werden auch unter dem Begriff physikalische Unkrautbekämpfung zusammengefasst (WILCUT 2002). Das Jäten wird in der Subsistenzlandwirtschaft in den Tropen mit hohem Arbeitsaufwand angewendet. Auch bei der Durchführung von Feldversuchen z.B. in Nordnigeria konnte erfolgreich die unerwünschte Begleitflora, in der u.a. auch *Chamaecrista mimosoides* vorkam, kontrolliert werden (KACHELRIESS *et al.* 1992, KACHELRIESS 1993a). Für einen Einsatz unter großflächigen Bedingungen ist das Jäten allerdings nicht geeignet.

Das alleinige Schneiden mit landwirtschaftlichen Maschinen von *S. obtusifolia* zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Wachstums führte zu einer Reduzierung der Unkrautvitalität und einem verstärkten Wachstum der Weidevegetation (JAMES & FOSSETT 1982/83). Die geschnittenen *S. obtusifolia*-Pflanzen wurden beobachtet und es wurde festgestellt, dass unterhalb der Schnittstelle ein Neuaustrieb erfolgte und die Pflanzen zur Blüte gelangten. Mit stumpfen Schneidmessern werden die Sprossachsen nicht abgeschnitten, sondern zerquetscht, was einen Wiederaustrieb verringert (ANNING *et al.* 1989, NRM 2001b). Mit geeigneten Maschinen ist ein Einsatz in stark verunkrauteten Teilen der Sudansavanne unter Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse denkbar. Beim Schnitt muss mit hohem technischem Aufwand und Kosten gerechnet werden. Eine Zugmaschine mit Rotormähwerk steht nur Projekten wie dem „SEP“-Programm zur Verfügung. Die Einsaat von Futterpflanzen bzw. die Schonung und Kräftigung des vorhandenen Bestandes sind als notwendige Folgemaßnahmen zu erachten, um die Lücke zu schließen. So wird der Erosion Einhalt geboten und die Konkurrenz der erwünschten Weidevegetation gegenüber *S. obtusifolia* erhöht.

Unter gegebenen Voraussetzungen (Technik, Relief) ist ein Einsatz von Landmaschinen zur Kontrolle von Weideunkräutern durch Grubbern oder Striegeln denkbar. Von Vorteil ist dabei u.a. die Verteilung von Rinderkot und damit die Vermeidung von Geilstellen. Generell führt dies zu einer Bewegung des Bodensamenvorrats, was im Fall der Futterpflanzen ein weiterer Vorteil ist. Bei einem hohen Anteil an Unkrautsamen ist jedoch mit einer verstärkten Keimaktivität dieser Populationen zu rechnen – ein deutlicher Nachteil (YOUNG 1988, GLATZLE 1990). Dies führt zwar zu einer Abnahme des unerwünschten Bodensamenvorrats, aber auch zu einer Vergrößerung der nachfolgenden Unkrautpopulation mit Samenbildung (BRIDGES & WALKER 1985, WILSON 1988, SHAW & RAINERO 1990, MAGAJI & YAKUBU 1992). Für die alleinige Kontrolle von *S. obtusifolia* kommt eine flachgründige Bodenbearbeitung deshalb nicht in Betracht (NEWSOM & SHAW 1994b, 1996, SHILLING *et al.* 1995).

Das Abbrennen ist eine preiswerte Variante der Unkrautkontrolle. Die Auswirkungen von Feuern auf die Savannenvegetation sind bei PÄTZOLD (1978), SANFORD (1982), GILLON (1983), HIERNAUX & DIARRA (1985), BAILEY (1988), KADOMURA (1989), COOK (1994), HOCHBERG *et al.* (1994) und BRAITHWAITE (1996) ausführlich erläutert. Generell steht dabei die Verbesserung der Futter- und Nährstoffsituation der erosionsfördernden und vernichtenden Wirkung nicht nur der Pflanzen, sondern auch von Tieren und deren Brutstätten gegenüber (FROST 1985, SCHULZE *et al.* 2002). Die Anwendung von Feuern bei der Unkrautbe-

kämpfung wird von KASASIAN (1971: 9ff.), SEMPLE (1972: 214ff.), HOFFMANN & GEIER (1987) und ZELCK (1989) beschrieben.

In Australien wurde nach Buschfeuern mit anschließendem Regen ein Massenaufreten von *S. obtusifolia* auf Grund der skarifizierenden Wirkung auf die Samen beobachtet (ANNING *et al.* 1989, *cf.* HODGKINSON & OXLEY 1990 für *Cassia nemophila* Cunn. ex Vogel var. *eremophila*). *Senna obtusifolia*-Pflanzen werden als feuertolerant beschrieben (MAGAJI & YAKUBU 1992, *cf.* AKOBUNDU 1987). Die Keimlinge sind allerdings feuerempfindlich. Strategisch angelegte Feuer in einem 3-5 jährigen Rhythmus werden als wirkungsvolle Kontrollmaßnahme von *S. obtusifolia*-Keimlingen in einem australischen Nationalpark erwähnt (MACKEY *et al.* 1997). Um *S. obtusifolia* bekämpfen zu können, wäre ein Abbrennen der Savanne zu Beginn der Regenzeit, nämlich in der Keimlingsphase, notwendig. Dabei sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen. Erstens müsste die *S. obtusifolia*-Population gegen den Neuaufwuchs der annuellen Weidevegetation abgeschätzt werden. Des Weiteren stellt eine geringe Verfügbarkeit an brennbarer Phytomasse einen Nachteil dar. Schließlich würden mit dem einmaligen Abbrennen auch nur die ersten Keimpflanzen von *S. obtusifolia* erfasst. Das Anlegen von Feuern zur Kontrolle von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne erscheint nur nach Abwägung der genannten Gesichtspunkte sinnvoll.

#### 4.2.2 Chemische Verfahren

Um *S. obtusifolia* auf dem Grasland zu kontrollieren, wird der Einsatz von Herbiziden wie Dicamba, 2,4-D<sup>36</sup> (3-4 l ha<sup>-1</sup>) und für den Nachauflauf z.B. die Ausbringung von Paraquat (0,3 kg ha<sup>-1</sup>) genannt (JÜRGENS 1979, ESTEVES *et al.* 1990). Auf mit *S. obtusifolia* bestandenen überweideten bzw. vernachlässigten Weiden in Nordostaustralien schlagen JAMES & FOSSETT (1982/83), ANNING *et al.* (1989) und NRM (2001b) den Einsatz von Herbiziden wie Dichlorprop (0,5% in Wasser) und Tordon 50-D (1 l ha<sup>-1</sup>, 2-3 Wochen nach dem Auflauf) vor. Das Ausbringen sollte zum Zeitpunkt des 2-Blattstadiums (MARTIN 1996) bzw. so früh wie möglich während der Wachstumsphase, jedoch vor Blühbeginn erfolgen, um die Samenbildung zu verhindern. Je früher mit der Bekämpfung von *S. obtusifolia* begonnen wird, desto geringer ist die notwendige Menge an Herbiziden. Beispielsweise müssen 2 l ha<sup>-1</sup> Tordon 50-D 4-8 Wochen und 3 l ha<sup>-1</sup> ab 8 Wochen nach dem Auflaufen von *S. obtusifolia* verwendet werden, um einen Behandlungserfolg sicherzustellen (ANNING *et al.* 1989, MACKEY *et al.*

<sup>36</sup> 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure; Chemie, Wirkungsweise, Resistenz, Bodenabbauprozesse: *cf.* AUDUS (1976) WEGLER (1977) ANDERSON (1983) AKOBUNDU (1987) SEIDEL (1988) BÖRNER (1995)

1997). Die Autoren geben den Hinweis, dass hohe Mengen an Tordon schädlich für einige Weideleguminosen (*Stylosanthes scabra* Vogel, *Centrosema pubescens* Benth.) sein können. Weitere Aspekte, die es zu berücksichtigen gilt, sind die Verfügbarkeit, der Preis, die Notwendigkeit einer Ausbringung durch geschultes Fachpersonal mit entsprechenden Geräten und die Gefahr einer möglichen Umwelt- und Grundwasserbelastung.

KRAATZ & ANDERSEN (1980) und NORSWORTHY *et al.* (1999) berichten im Zusammenhang mit der Ausbringung von Herbiziden und der Blattbewegung von *S. obtusifolia* über eine verminderte Herbizideffektivität und somit geringere Kontrolleffizienz bei geschlossenen Blättchen. Sie weisen auf die Abhängigkeit von Herbizidapplikation und Tageszeitpunkt sowie Wetterbedingungen hin. Die in Abschnitt 3.5.2 erwähnte Wachsschicht auf den Blättern (*cf.* Tab. 3.7, Abschnitt 3.7) bildet sich erst im Lauf der Entwicklung von *S. obtusifolia* heraus, so dass die Herbizidempfindlichkeit und damit die Penetration und der Kontrollerfolg mit zunehmendem Alter nachlassen. D.h., ältere *S. obtusifolia*-Pflanzen weisen eine progressive Resistenz gegenüber Pestiziden auf. Hinzu kommen Umwelteinflüsse, wie Temperatur, Photoperiode und Wasserhaushalt. Die Alkankonzentration ist einer der entscheidenden Faktoren, welcher die Durchlässigkeit von Herbiziden durch die Blattkutikula beeinflusst (WILKINSON *et al.* 1969, WILKINSON & HARDCASTLE 1969, WILKINSON 1970a-b, 1972, 1974). Die Beimischung von Zusatzstoffen in die Herbizide, sog. Formulierungshilfsstoffen, welche z.B. die Blattoberfläche aufnahmefähiger für die Wirkstoffe machen, ist heute gängige Praxis (LOCKE *et al.* 1995, REDDY & LOCKE 1996, ELLIS *et al.* 1998, JORDAN 1999).

#### 4.2.3 Biologische Möglichkeiten

Für *S. obtusifolia* befinden sich sämtliche aus der Literatur verfügbaren Untersuchungen zur biologischen Kontrolle in der Forschungsphase. Beispiele für die erfolgreiche biologische Unkrautbekämpfung sind allgemein *Chondrilla juncea* Linn., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. und auf dem Weideland insbesondere *Opuntia* spp. (ALKÄMPER 1986, LOTTER & HOFFMANN 1998, RAMEY 2001).

##### 4.2.3.1 Mikroorganismen, Pilze und Myko-Herbizide

Auf *S. obtusifolia* wurden verschiedene Viren isoliert und identifiziert (DEBROT 1974, DEMSKI 1979, LAMPERT *et al.* 1988, KAISER 1993, JOHNSON *et al.* 1996). Die Pflanzen sind gegen Cassia-Mosaik-Carlaviren, Erdnuss-Potyviren und eine Form von Tabak-Potyviren

empfindlich (BRUNT *et al.* 1996). Bisher wurden aber keine Viren als Kontrollmöglichkeit von *S. obtusifolia* in Betracht gezogen.

*Senna obtusifolia* ist Wirtspflanze mehrerer Pilzerkrankungen (*cf.* DUBE *et al.* 1978, BLACK *et al.* 1996a-b). Untersuchungen zeigten, dass die Pflanze von *Alternaria cassiae* Jurair & Khan befallen wird (COCK & EVANS 1984, HOAGLAND 1990, AVILA *et al.* 2000, TIGANO *et al.* 2003). Außerdem wurden *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl (ARMSTRONG & ARMSTRONG 1966, BROWN & CURL 1987), *F. solani* (Mart.) Sacc. (TANAKA *et al.* 1996), *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler & Bisby (MCLEAN & ROY 1991) und *C. gloeosporioides* (Penz.) Sacc.f. (WHITING & RONCATORI 1997) gefunden. In Nigeria wurden *Sphaceloma* spp. auf 76% der beobachteten *S. obtusifolia*-Pflanzen festgestellt (ADEBITAN 1998). Im Sudan wurden verschiedene Mehltaupilze auf dieser Pflanzenart beschrieben (YASSIN 1979).

Unter den genannten Pathogenen ist *A. cassiae* von besonderer Bedeutung, da dieser Pilz ein geringes Wirtsspektrum aufweist (WALKER 1982). Nach Angaben von COCK & EVANS (1984), BANNON (1988) und TEBEEST (1991) findet *A. cassiae* als Myko-Herbizid in den USA seinen Einsatz. Bisher wurde *A. cassiae* zur Kontrolle von *S. obtusifolia* im Soja- und Erdnussanbau eingesetzt (WALKER & BOYETTE 1985, CARDINA *et al.* 1987, WILCUT *et al.* 1994, PITELLI *et al.* 1998). Der Einsatz von *A. cassiae* auf Weideflächen in Australien wird wegen der Anfälligkeit von erwünschten *Chamaecrista* spp., insbesondere von *C. rotundifolia* in Frage gestellt. Es werden statt dessen *Colletotrichum* spp. zu Versuchszwecken empfohlen (CHAKRABORTY *et al.* 1994). *Pseudoperonospora cassiae* GM. Waterh. befällt *S. obtusifolia* und andere *Senna* spp. im tropischen Afrika, u.a. auch in Nigeria. Der Pilz verursacht braune Flecken auf den Blättern und eine vorzeitige Entlaubung. *Pseudocercospora nigricans* (Cooke) Deighton, *Pseudoperonospora cassiae* und *Ravenelia berkeleyi* wurden als Myko-Herbizid auf Weideflächen vorgeschlagen und zu Testzwecken nach Großbritannien gebracht (COCK & EVANS 1984, LENNÉ 1990; *cf.* HOFMEISTER & CHARUDATTAN 1987, WATSON 1993, PITELLI *et al.* 1998). Endgültige Ergebnisse über die Effizienz derartiger Bekämpfungsmaßnahmen liegen noch nicht vor.

Es sei angemerkt, dass bei der Anwendung von Myko-Herbiziden, ähnlich wie bei anderen Pestiziden, mit Resistenzerscheinungen bei *S. obtusifolia* gerechnet werden muss (WEETE 1992). Außerdem ist der stark schwankende Kontrollerfolg, von Totalausfall bis 100% – v.a. witterungsbedingt (Trockenheit) bzw. abhängig vom phänologischen Stadium (2-Blatt), zu beachten (GREAVES 1993). Die Forschung ist bemüht, dies durch die Entwicklung von besonders leistungsfähigen Formulierungen bzw. Beimengungen (Granulat, Öl-in-Wasser Gemische *etc.*) auszugleichen (AMSELLEM *et al.* 1990, 1991, CONNICK *et al.* 1991, DAIGLE &

COTTY 1992, GRESSEL *et al.* 1996, SHABANA *et al.* 1997, AVILA *et al.* 2000, MELLO *et al.* 2000). Die Anwendbarkeit in der Savanne ist jedoch gering.

#### 4.2.3.2 Natürliche Feinde und sonstige biologische Möglichkeiten

Die Blätter, Blüten und Samen von *S. obtusifolia* werden von verschiedenen Insekten und deren Entwicklungsstadien als Nahrungsquelle genutzt (BRUST & HOUSE 1988, SUDBRINK *et al.* 1998, SIMPSON *et al.* 1999, CAMERON 2001, GOMBERT *et al.* 2001, QUINN 2001, BRÉVIGNON 2005). Forschungen in Nordnigeria zeigten besonders die Gattung *Caryedon* (Coleoptera: Bruchidae) als *Senna*-spezifisch. Hier wurden mehrere *Caryedon* spp. untersucht und u.a. die Art *Caryedon pallidus* (Oliver) auf *S. obtusifolia* identifiziert (PREVETT 1965, SOUTHGATE 1971, cf. TYBIRK 1991). In Senegal wurde die Reproduktion und Entwicklung von *C. pallidus* auf *S. obtusifolia*-Samen erforscht. Die Weibchen dieser Käferart bevorzugen als Nahrung die reifen, trockenen Hülsen bzw. Samen, legen aber ihre Eier auf den grünen Hülsen ab. Eine Käferlarve benötigt bis zur Entwicklung des Vollkerfs mehrere grüne Hülsen (HIDEUX 1984). Angesichts der phyto-spezifischen und zoogeographischen Faktoren bezüglich *C. pallidus* als Samenschädling von *S. obtusifolia*, sind weitere Untersuchungen zur Eignung und Einsatz dieses Samenkäfers als biologische Kontrollmaßnahme zur Eindämmung von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne Nordnigerias zu erwägen.

COCK & EVANS (1984) schlagen den oligophagen Samenkäfer *Sennius instabilis* Sharp (Coleoptera: Bruchidae), der *S. obtusifolia* im tropischen Amerika befällt, als Kontrollmöglichkeit vor, da er in seinem Verbreitungsgebiet der hauptsächliche Samenschädling von *S. obtusifolia* ist (cf. RIBEIRO-COSTA & REYNAUD 1998). SUJII *et al.* (1996) erstellten eine Liste mit den natürlichen Feinden von *S. obtusifolia* in Brasilien. Davon ausgehend wurde ein Multivarianz-Modell zur Bestimmung der Arten angewendet. Die Häufigkeit ihres Auftretens auf *S. obtusifolia*, der Grad der Insekt-Wirt-Assoziation und der Schädigungsgrad waren die entscheidenden Kriterien. Dabei wurde u.a. der Weißling *Phoebis sennae* Linn. (Lepidoptera: Pieridae) zur biologischen Kontrolle von *S. obtusifolia* empfohlen. Die Blätter dienen den Raupen von *P. sennae* als Nahrung (GOMBERT *et al.* 2001, BRÉVIGNON 2005). PALMER & PULLEN (2001) evaluierten die phytophage Arthropodenfauna in Mexiko und Honduras, um einen Rückschluss auf deren Einsatz als biologische Kontrollmaßnahme zur Reduktion von *S. obtusifolia* ziehen zu können. *Mitrapysylla albalineata* Crawf. (Homoptera: Psyllidae) und eine *Conotrachelus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) wurden zu weiteren Versuchszwecken nach Australien gebracht (cf. DONNELLY *et al.* 2000). Ergebnisse liegen noch nicht vor.

SUGIMOTO *et al.* (2001) erforschten künstliche Blatt-öffnende Verbindungen. Für *Senna occidentalis*, *Chamaecrista fasciculata* und *C. mimosoides* wurde dieses Phänomen phytochemisch eingehend beschrieben (GAILLOCHET 1978, SAEEDI & ROBLIN 1986, 1987, ROBLIN *et al.* 1989, 1991, BOURBOULOUX *et al.* 1992, 1994, UEDA *et al.* 1995, 1998, 2000, 2001a-b, BONMORT & ROBLIN 1996). Es wird vorgeschlagen, diese Erkenntnisse möglicherweise in Zukunft für die Verwendung von selektiven Bio-Herbiziden zur Störung physiologischer Abläufe einzusetzen (UEDA *et al.* 2001a). Es wäre z.B. denkbar, die Zielpflanzen daran zu hindern, ihre Blättchen bei starker Sonneneinstrahlung zu schließen. In der Folge würden die Pflanzen austrocknen und damit eine weitere Verbreitung von *S. obtusifolia* unterbunden.

Die Möglichkeit der Kontrolle von *S. obtusifolia* durch sog. Allelo-Chemikalien sei abschließend erwähnt. Es handelt sich dabei um pflanzliche Wirkstoffe, die durch Allelopathie die Keimung und Entwicklung von *S. obtusifolia* unterdrücken (*cf.* RIZVI & RIZVI 1992). Als potentielle Varianten kommen *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. und mehrere Getreidearten, u.a. Nebenprodukte der Reisproduktion (*Oryza* spp.) in Betracht, die im Versuch bereits positive Ergebnisse erzielten (BURGOS & TALBERT 2000, NAGABHUSHANA *et al.* 2001, ARRUDA *et al.* 2005). Falls bei diesen Untersuchungen künftig futterwürdige Arten identifiziert werden, die unter den klimatischen Bedingungen der Sudansavanne Nordnigerias gedeihen (*P. phaseoloides* benötigt  $\geq 1250$  mm Niederschlag und verträgt maximal 3 Monate Trockenzeit GLATZLE 1990), so wären diese für die Kontrolle von *S. obtusifolia* und für die Verbesserung der Futtersituation von Interesse (*cf.* Tab. A8.1-2).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es keine erfolgversprechende praktische Anwendung von Myko-Herbiziden oder anderen biologischen Kontrollmaßnahmen von *S. obtusifolia* auf dem Weideland (PAYNTER *et al.* 2003). Dabei fehlt es nicht an Forschungsprogrammen, sondern an finanzieller Unterstützung (MACKEY *et al.* 1997, HAYES 2001).



## 5 Eigene Untersuchungen der Biologie und Inhaltsstoffe von *Senna obtusifolia*

### 5.1 Ziele

Die Ziele der Untersuchungen zur Botanik, Biologie (Autökologie) und den chemischen Inhaltsstoffen von *S. obtusifolia* können wie folgt gegliedert werden:

- botanische Beschreibung und Charakterisierung der Wuchsformen von *S. obtusifolia*,
- Studien über Keimung, Verbreitungspotential (Bodensamenvorrat) und Wachstum sowie phänologische Entwicklung von *S. obtusifolia*,
- Untersuchung des Rohrnährstoff- und Tanningehalts (anti-nutritiver Faktor) zur Einschätzung und Bewertung des Futterwerts von *S. obtusifolia* als auch dessen Veränderungen im Verlauf der Vegetationsperiode.

Ausreichende Kenntnisse der Biologie der Zielpflanze sind eine unabdingbare Voraussetzung für die angestrebten Bekämpfungsmaßnahmen (cf. COUSENS & MORTIMER 1995).

### 5.2 Material und Methoden

#### 5.2.1 Wuchsformen und botanische Beschreibung

In den Parzellen der Vorversuchsflächen<sup>37</sup> (1993) wurden Anfang Oktober 1993 (Ende der Vegetationszeit) die Wuchsform und die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* ( $n = 13$ ; à  $3 \text{ m}^2$ ) in den drei Weideökotypen bestimmt. Die Beobachtungen bzw. Messungen wurden vor der Durchführung der Kontrollmaßnahmen vorgenommen. Dabei wurde visuell die Wuchsform erfasst und durch Messen die Wuchshöhe ermittelt. Des Weiteren wurde die Anzahl der Hülsen je Pflanze durch Zählen bestimmt. Die Pflanzen wurden innerhalb eines Quadrats mit der Seitenlänge 50 cm erfasst. Diese Maßeinheit wurde aus arbeitstechnischen Gründen gewählt. Falls nicht anders vermerkt, beziehen sich sämtliche Angaben zur *S. obtusifolia*-Dichte auf  $0,25 \text{ m}^2$ .

Mit dem SAS Programm wurde eine Rangvarianzanalyse nach Akritas, Arnold und Brunner mit Messwiederholungen durchgeführt (HOLLENHORST pers. Mitteil. 2003, cf. Abschnitt 5.2.3.1). Es sollte der Einfluss des Weideökotyps, der Wuchsform und deren Wechselwirkung (BRANDT 1999: 401) auf die Anzahl der Hülsen je *S. obtusifolia*-Pflanze getestet werden. Die Wuchshöhe in Abhängigkeit von der Wuchsform (Oktober 1993) wurde für die geschützte und die kultivierte Savanne mittels Median-Test (SACHS 1999: 390ff.) ausgewertet (in der offenen Savanne erübrigt sich der Test, da hier eine einheitliche Wuchsform vorkommt). Der Vergleich der Wuchshöhen entsprechend der Wuchsform ohne Unterschied der Weideöko-

typen erfolgte nach dem F-Test (KÖHLER *et al.* 1984: 130ff.) und der Vergleich der Wuchshöhen in den Weideökotypen ohne Unterschied der Wuchsform mit dem Dunnett-T3-Test (*cf.* Abschnitt 7.2.1).

Die Beschreibung von *S. obtusifolia* in den Vorversuchsflächen wurde erstmalig im Oktober 1993 im phänologischen Stadium der beginnenden Hülsenreife vorgenommen. Der anatomische Bau mehrerer noch blühender bzw. bereits mit Hülsen versehenen Pflanzen wurde untersucht. Dabei wurden folgende Parameter beschrieben:

- Sprossachse,
- Blätter,
- Blüte, Kelch-, Blütenblätter, Pollen- und Fruchtaggregat
- Hülsen und Samen,
- Wurzel.

Die reifen Hülsen und Samen von *S. obtusifolia* (Mischprobe der drei Weideökotypen) wurden vier Wochen nach dieser Untersuchung beschrieben und einige Exemplare gemessen (gebogene Hülsen mit Maßband). Aus den Angaben über die *S. obtusifolia*-Dichte, Hülsenzahl je Pflanze (in Abhängigkeit von der Wuchsform) und die mittlere Anzahl der Samen von 23 Stück je Hülse (Mischprobe) konnte der potentielle Eintrag an *S. obtusifolia*-Samen in dem entsprechenden Weideökotyp geschätzt werden.

Während des Beobachtungszeitraums 1994 (Juni, August und Oktober) wurden in den Vorversuchspartellen die Keimpflanzen und sich entwickelnden *S. obtusifolia*-Pflanzen charakterisiert (botanische Parameter entsprechend phänologischem Stadium: *cf.* EGGERS & HEIDLER 1986), gezählt, die Wuchshöhe gemessen und Einzelexemplare in ein Herbarium eingeordnet. Bei der Ermittlung der Wuchshöhe wurden die *S. obtusifolia*-Pflanzen in Wuchshöhenkategorien zusammengefasst (Tab. 5.1).

Tab. 5.1 Wuchshöhenkategorien von *Senna obtusifolia* (eigene Einteilung)

Wuchshöhenkategorie	1	2	3	4	5	6	7
Wuchshöhe [cm]	0-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105

<sup>37</sup> *cf.* Abb. A5.1 (Lage der Weideökotypen) und Abb. A7.1 (Anordnung der Versuchspartellen)

Auf Grund fehlender Normalverteilung konnte keine Varianzanalyse durchgeführt werden (HARTUNG *et al.* 1989: 143ff.). Die Messwerte wurden nach Monaten getrennt. Für den Monat Juni war der  $\chi^2$ -Test (MARTENS 2003: 135ff.) ausreichend, da noch keine Unterschiede in der Wuchshöhe in den drei Weideökotypen auftraten. Für die Monate August und Oktober wurde der  $\chi^2$ -Test für die Gesamtzahl der *S. obtusifolia*-Pflanzen, unabhängig von der Wuchshöhe, dazu genutzt, um die Unterschiede zwischen den Weideökotypen aufzuzeigen. Die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* für die Monate August und Oktober wurde mit Hilfe von Kreuztabellen ausgewertet (MARTENS 2003: 103). Dabei wurden paarweise Vergleiche der Weideökotypen unter Berücksichtigung der Verteilung der Wuchshöhe durchgeführt. Im Zusammenhang mit den Kreuztabellen wurde die Rangkorrelation nach Spearman ( $r_s$ ; MARTENS 2003: 187ff.) zwischen Weideökotyp und Wuchshöhe berechnet und der exakte Test von Fisher verwendet (BÜHL & ZÖFEL 2000: 238ff.).

### 5.2.2 Keimversuche

#### 5.2.2.1 Keimuntersuchung im Labor

Die Untersuchungen zur Keimfähigkeit von *S. obtusifolia*-Samen wurden einmalig im Labor in einem Trockenschrank durchgeführt. Die handgesammelten Samen wurden im Oktober 1993 in lichtundurchlässigen Behältern luftdicht verschlossen aus dem Untersuchungsgebiet nach Giessen transportiert und bei Raumtemperatur bis zum Versuchsbeginn im März 1994 gelagert. Die Samen stammen von je 5 Pflanzen aus allen drei Weideökotypen (Mischprobe). Petrischalen (10 cm Ø) wurden mit Filterpapier (rund) ausgelegt und 10 Samen mit Hilfe einer Pinzette auf die Papieroberfläche verteilt, um Verunreinigungen möglichst auszuschließen. Insgesamt wurden 100 Samen in 10 Petrischalen zur Keimung vorbereitet. Die Keimung verlief unter Lichtausschluss. Die Temperatur für den insgesamt 29 Tage dauernden Versuch ist in Tabelle 5.2 ersichtlich.

Tab. 5.2 Temperaturen im Keimexperiment mit *Senna obtusifolia*-Samen (10 Petrischalen à 10 Samen)

Temperatur [°C]	25	30	35
Endpunkt [d]	6	7	16

Täglich wurden die Petrischalen einmal kontrolliert und die gekeimten Samen registriert und anschließend entfernt. Mit dem Hervortreten der Keimwurzel (2 mm) außerhalb der Samen-

schale wurde der Keimbeginn definiert (ZIEMKIEWICZ & CRONIN 1981 zit. in KATTACH 1995: 107). Alle 2 Tage wurde das Filterpapier mit einer Spritzflasche etwas befeuchtet.

#### 5.2.2.2 Keimuntersuchung im Topfversuch

*Senna obtusifolia*-Samen wurden im Mai 1995 in der offenen Savanne in Faru gesammelt und in geschlossenen Behältern luftdicht und dunkel zu Versuchszwecken aufbewahrt. Im Juli wurde zusammen mit den Samen eine Käferart in den Behältern gefunden, deren Larven sich von *S. obtusifolia*-Samen ernähren, indem sie das Innere der Samen fressen und nur die harte Samenschale mit einem Loch übrig lassen. Die Bestimmung der Art erfolgte in der Fakultät für Pflanzenschutz der A. Bello-Universität Zaria. Es handelt sich hierbei um den Samenkäfer *Caryedon pallidus* Oliver (Coleoptera: Bruchidae). Daraufhin wurden Keimversuche mit intakten und beschädigten, d.h. von den Käferlarven angefressene *S. obtusifolia*-Samen in Töpfen durchgeführt. Zwei separate Tontöpfe (40 cm Ø) wurden mit Bodensubstrat aus der Savanne gefüllt und 10 cm unterhalb der Topfkante eine Plastikfolie darauf ausgebreitet. Auf die Folie wurden entweder 50 unbeschädigte Samen oder 50 angefressene Samen von *S. obtusifolia* verteilt. Als Kriterium galt dabei, ob die Samen ein Loch in der Schale hatten oder nicht. Auf diese wurde gesiebter Sand durch ein 2 mm Sieb (Ausschluss von Fremdkeimung) auf 2 cm aufgefüllt und etwas angedrückt, um Bodenkontakt zu gewährleisten. Täglich wurde die Keimung beobachtet und bereits gekeimte Samen am Tag der Keimung registriert und entfernt. Der Versuch wurde Anfang August angesetzt und dauerte 14 Tage. Er wurde unter gleichen Bedingungen zwei Mal im Abstand von 7 Tagen wiederholt ( $n = 3$ ; cf. BOSCH 2003: 84). Beide Töpfe wurden alle zwei Tage begossen. Die annähernden Werte für Luftfeuchte und -temperatur für die Dauer des Keimversuchs sind in Abbildung A2.1 im Anhang (Station Gidan Jaja, Monatswerte) ersichtlich.

Mit Hilfe des  $\chi^2$ -Tests wurde untersucht, ob sich die Anzahl der gekeimten *S. obtusifolia*-Samen mit Fraßstellen von der Anzahl der *S. obtusifolia*-Samen ohne Beschädigung voneinander unterscheidet.

#### 5.2.3 Verbreitungspotential

##### 5.2.3.1 Bodensamenvorrat

Der Bodensamenvorrat<sup>38</sup> von *S. obtusifolia* wurde über mehrere Jahre hinweg in den Versuchspartzen durch Sieben (2 mm Maschenweite) ermittelt. Dabei wurde ein Quadrat

mit 25 cm Seitenlänge verwendet und der Samenvorrat bis zu einer Bodentiefe von 10 cm ausgezählt (6250 cm<sup>3</sup>). Im Oktober 1993 wurde mit dem Auszählen der Samenbank in den Jäte- und Schnittvarianten des Vorversuchs (n = 10) und den Kontrollparzellen (n = 3) begonnen. Jeweils im Mai (Beginn der Regenzeit) und November (Trockenzeit) 1994, 1995 sowie im Mai und Oktober 1996 wurden diese auf den *S. obtusifolia*-Samenvorrat geprüft (cf. Abb. A7.1). Im Mai 1994 kamen 5 weitere Behandlungs- bzw. 7 Kontrollparzellen hinzu, um eine genauere Prognose der Entwicklung der Samenbank in den drei Weideökotypen geben zu können. Diese wurden in den Hauptversuchsflächen bestimmt. Als Behandlungspartzellen wurden die Jäte- und Schnittvarianten, die zu Beginn der Trockenzeit ausgeführt wurden (vergleichbar mit Vorversuch) sowie die Herbizidvariante jeweils in der ersten Wiederholung gewählt. Der Bodensamenvorrat der Kontrollparzellen wurde in allen drei Blöcken des Hauptversuchs (n = 6) ermittelt. Auf Grund der Versuchsanlage blieben einige Parzellen unbehandelt. Von diesen wurde eine als Kontrollparzelle für die Ermittlung des Bodensamenvorrats in der ersten Wiederholung ausgewählt. Dies ergibt 7 Kontrollparzellen (Abb. A7.2-A7.4).

Die Samenbank wurde im Uhrzeigersinn beginnend Oktober 1993 in der Nordostecke, im Mai 1994 in der Südostecke, usw. bis Oktober 1996 in der Parzellenmitte ausgezählt (cf. Abb. 5.1).

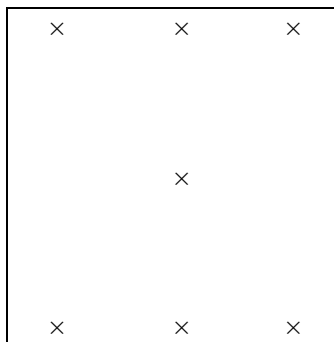


Abb. 5.1 Schema der Ermittlung der Samenbank von *Senna obtusifolia* (gültig für alle Versuchspartzellen, 3 m<sup>2</sup>)

Die statistische Auswertung der Messdaten des Bodensamenvorrats erfolgte mit der SAS-Prozedur „mixed“ (gemischtes lineares Modell; SAS 1999). Es wurde das Standardmodell für zeitliche Abhängigkeiten, das autoregressive Modell erster Ordnung, verwendet. Mit Hilfe dieses Modells wurde eine Rangvarianzanalyse nach Akritas, Arnold und Brunner durchgeführt und die Effekte nach dem ANOVA-F-Test bewertet (cf. BOOS & BROWNIE 1995, BATHKE 2000: 94ff., HOLLENHORST pers. Mitteil. 2003). Eine Zusammenfassung der Samen-

<sup>38</sup> Definition: cf. WILSON (1988) BAKER (1989: 10ff.) URBANSKA (1992: 53ff.)

mengen des Vor- und Hauptversuchs ist durch das Fehlen signifikanter Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Daten der jeweiligen Weideökotypen in Behandlungen sowie Kontrollparzellen im  $t$ -Test für unabhängige Stichproben legitim (HOLLENHORST pers. Mitteil. 2004). Da sich keine Unterschiede zwischen behandelten und nicht behandelten Parzellen zeigten, wurde mit den gemittelten Daten nach obigem Schema weiter gerechnet.

Mittels Mehrfachvergleichen (Dunnett-T3-Test, der keine Varianzhomogenität benötigt; cf. Abschnitt 7.2.1) wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten und den Weideökotypen aufgezeigt. Nach Berechnung der Quadratwurzel wurde die nötige Normalverteilung hergestellt. Der Samenvorrat in den einzelnen Weideökotypen zu unterschiedlichen Zeitpunkten wurde mit dem Binomial-Test (MARTENS 2003: 138 ff.) verglichen. Anschließend wurden die Ergebnisse mit der Shaffer-Korrektur (SHAFFER 1986) angeglichen.

Die Auswertung der Unterschiede der aggregierten Daten der Samenvorräte zu Beginn und Ende der Trockenzeit wurde mittels Binomial-Test durchgeführt.

#### 5.2.3.2 Entwicklung der Samenbank

Um den Entwicklungsverlauf der Samenbank von *S. obtusifolia* im Boden beurteilen zu können, wurde eine Transekte außerhalb der Parzellen mit  $n = 5$  Messpunkten angelegt und über eine Vegetationsperiode hinweg beobachtet. Die Auswahl der Transekten erfolgte zufällig (Randomisation cf. HARTUNG *et al.* 1989: 141) vom Südostpfosten der Parzelle der Biologiestudie (cf. Abschnitt 5.2.4) in südlicher Richtung (cf. Abb. A5.1 und A5.2). Der Abstand des ersten Messpunkts zur Parzelle und der Abstand zwischen den Quadraten beträgt jeweils 50 cm. Die Seitenlänge des dabei verwendeten Quadrats entspricht der in der Bodensamenstudie (Abschnitt 5.2.3.1). Die Bodentiefe in dieser Studie beträgt 5 cm. Die Samenbank wurde monatlich von Juni bis Oktober durch Trockensiebung ermittelt und die Keimung von *S. obtusifolia* registriert (cf. Abschnitt 5.2.2.1). Die so ermittelten Samen wurden nach der Zählung in den Boden zurückgelegt und mit Erde (5 cm Tiefe) bedeckt, um eine eventuell stattfindende Keimung nachzuweisen. Die Platzierung der Samen erfolgte zufällig. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem SAS-Modell „mixed“, wie in Abschnitt 5.2.3.1 beschrieben.

#### 5.2.4 Wachstum und Entwicklungsverlauf

Die Studie zur Entwicklung von *S. obtusifolia* (Biologiestudie) wurde über zwei Vegetationsperioden, d.h. jeweils von Juni bis November 1995 und 1996 durchgeführt. Dazu wurden in den drei Weideökotypen Parzellen von 25 m<sup>2</sup> angelegt und eingezäunt (cf. Abb. A5.1). Innerhalb dieser Fläche wurden wöchentlich in n = 5 Quadraten die Pflanzendichte von *S. obtusifolia* ermittelt. Die Seitenlänge des Quadrats beträgt 50 cm. Die Zählung erfolgte in den vier Ecken der Parzelle und in der Mitte (cf. Abb. 5.2).

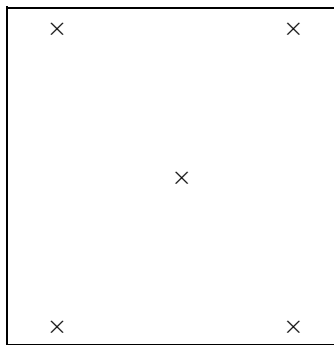


Abb. 5.2 Schema der Parzelle der Biologiestudie mit Markierung der Messpunkte [25 m<sup>2</sup>]

Es wurden bei jeder Zählung keimende (2-Blattstadium) von den wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen (6-Blattstadium usw., einschließlich Blüte und Hülsen) getrennt erfasst. Es wurden die Termine des Blühbeginns mit dem Auftreten der ersten Blüte und der Hülsenbildung mit dem Erscheinen der ersten (1,5 cm langen) Hülse aufgenommen. Des Weiteren wurde der Zeitpunkt der Samenreife ermittelt. Die Hülsen sind dann trocken und die Samen hart und von olivbrauner Farbe. Die zeitlichen Verläufe der phänologischen Stadien wurden zu den jeweiligen Beobachtungsterminen registriert. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem SAS-Modell „mixed“, wie unter 5.2.3.1 beschrieben.

#### 5.2.5 Inhaltsstoffanalyse

*Senna obtusifolia*-Blattproben (ohne Sprosssteile) von 500 g wurden im Zeitraum von Juni bis Oktober (1994 und 1995) in der offenen Savanne außerhalb der Parzellen von mehreren Pflanzen jeweils zur Monatsmitte gesammelt und in feingelochten Plastikbeuteln transportiert. Die Trocknung der Proben erfolgte im Trockenschrank bei 70-80 °C für 12 h. Die zurückgewogenen Proben wurden in einer Analysenmühle gemahlen und eine Teilprobe von 150 g luftdicht und dunkel in Plastikbeuteln bis zur Futterwertbestimmung aufbewahrt. Zu

Beginn der Trockenzeit 1995 wurde zusätzlich eine Samen- und eine Hülsenmischprobe (mit den darin befindlichen Samen) wie oben beschrieben gesammelt, getrocknet und verpackt.

Die Futterwertfeststellung der Proben von 1994 erfolgte im Institut für Tierernährung der Universität-Hohenheim Stuttgart mit der Weender-Analyse nach den amtlichen Methoden (NAUMANN & BASSLER 1988) und dem Hohenheimer Futterwerttest (STEINGAB & MENKE 1986). Die Proben von 1995 wurden auf ihren Gehalt an Rohprotein nach der Kjeldahl-Methode und an Tanninen nach BURNS (1963) im Institut für Grünlandforschung der Aristoteles-Universität Thessaloniki untersucht (NASTIS pers. Mitteil. 1996).

Für die statistische Auswertung wurden die *S. obtusifolia*-Blattproben der Jahre 1994 und 1995 zu je zwei Gruppen zusammengefasst. Die erste Gruppe repräsentiert die Blattqualität während der Regenzeit (Monate Juni bis August). Die zweite Gruppe spiegelt die Nährstoffzusammensetzung der Blätter zu Beginn der Trockenzeit wider (September und Oktober). Der *t*-Test für unabhängige Stichproben (MARTENS 2003: 127ff, BÜHL & ZÖFEL 2005: 280) sollte mögliche Unterschiede zwischen den Zeitpunkten herausstellen.

### 5.3 Ergebnisse und Diskussion

#### 5.3.1 Wuchsformen und botanische Beschreibung

*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby weist in der Sudansavanne Nordnigerias unterschiedliche Wuchsformen auf. Sie wächst bei genügend Raum buschähnlich (Halbstrauch). Im innerartlichen Bestand oder in Vergesellschaftung mit dichten Gräserbeständen ist die Pflanze im oberen Drittel verzweigt mit einer einzelnen Sprossachse (Kronenform, einfach) bzw. mit 2-3 von der Basis wachsenden Sprossachsen ausgestattet, die jeweils im oberen Drittel 4-5 Seitentriebe bilden (Kronenform, verzweigt).

In Tabelle 5.3 ist das Vorkommen der unterschiedlichen Wuchsformen in den drei Weideökotypen und die mittlere Anzahl der Hülsen je Pflanze dargestellt. Die Beobachtungen in der offenen Savanne weisen auf einen dichten *S. obtusifolia*-Bestand mit einfacher Kronenform hin (cf. Tab. 5.5). Im Mittel trägt eine *S. obtusifolia*-Pflanze hier 3,3 Hülsen (cf. Tab. 5.3). In der geschützten Savanne kommen halbstrauchähnliche *S. obtusifolia*-Pflanzen und solche mit ab der Basis verzweigter Wuchsform zu jeweils 50% vor (cf. Tab. 5.5). Eventuell haben diese Pflanzen sich zeitig gegen die Gräser und Kräuter durchsetzen können und es somit zu diesen Wuchsformen bringen können. Die Halbsträucher unter den *S. obtusifolia*-Pflanzen tragen 12,1 Hülsen je Exemplar, während die Pflanzen mit verzweigter Kronenform 4,8 Hülsen auf-



weisen. In der kultivierten Savanne mit eingesäten Futtergräsern und einer relativ geschlossenen Pflanzendecke kommt gleichfalls nur die Kronenform vor. Hier dominiert die einfache Kronenform, mit einem Anteil von 70%, wobei die wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen sich bereits ab der Basis verzweigen (cf. Tab. 5.5). Die *S. obtusifolia*-Pflanzen mit einfacher Kronenform tragen 3,5 Hülsen je Einzelpflanze. Die Anzahl der Hülsen bei der verzweigten Kronenform liegt bei 9,4 Stück je Pflanze.

Tab. 5.3 Anzahl der Hülsen je Pflanze unterschiedlicher Wuchsformen von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen im Oktober 1993 (n = 13)

WÖT	KE <sup>1</sup>	KV <sup>2</sup>	HS <sup>3</sup>	$\bar{x}$
OS	3,27 ± 0,21	- <sup>4</sup>	-	1,09
GS	-	4,83 ± 0,17	12,07 ± 1,01	5,63
KS	3,50 ± 0,40	9,38 ± 0,72	-	4,29
$\bar{x}$	2,26	4,74	4,02	3,67

<sup>1</sup> Kronenform, einfach; <sup>2</sup> Kronenform, verzweigt; <sup>3</sup> Halbstrauch; <sup>4</sup> keine Pflanzen dieser Wuchsform

Tab. 5.4 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Wuchsform auf die Anzahl der Hülsen von *Senna obtusifolia* mit dem ANOVA-F-Test

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	p-Wert
Weideökotyp	1,37	5,03	0,0152
Wuchsform	1,56	46,23	< 0,0001
WÖT*Wuchsform	1,56	46,23	< 0,0001

\* Test auf Wechselwirkungen ergibt gleiche Werte, da in jeder Parzelle nur eine Wuchsform auftritt (pers. Mitteil. HOLLENHORST 2007).

Der Weideökotyp und die Wuchsform (Wechselwirkung) haben nach dem ANOVA-F-Test (Tab. 5.4) signifikante Einflüsse auf die Anzahl der Hülsen. Die Wuchsform hat einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Hülsen, unabhängig vom Weideökotyp. Die Zahl der Hülsen je Pflanze nimmt mit dem Grad der Verzweigung zu ( $p < 0,05$ ), und der Grad der Verzweigung ist in der geschützten Savanne am höchsten (Tab. 5.3), infolgedessen auch die Zahl der Hülsen ( $p < 0,001$ ). Der Einfluss der Wuchsform auf die Hülsenanzahl unterscheidet sich signifikant nach Weideökotyp. Hinter den beschriebenen Wuchsformen könnte eine Strategie zur Anpassung an unterschiedliche ökologische Gegebenheiten vermutet werden, d.h. in jeglicher Situation die maximale Reproduktion und somit Erhaltung und Verbreitung der Art zu sichern. Ein dichter *S. obtusifolia*-Bestand in der offenen Savanne bzw. eine dichte Krautschicht in der kultivierten Savanne lassen nur wenig Raum und Ressourcen für eine Verzei-

gung sowie Blüten- und Fruchtbildung. Das Auftreten der Halbstrauchform in der geschützten Savanne lässt sich auf vorangegangene Beweidung dieser Flächen durch die Rinderherde der Staatsfarm Faru zurückführen.

Die Keimpflanzen von *S. obtusifolia* erscheinen, nachdem sie aus Samen und Boden hervorgekommen sind, als 2-Blattstadium. Die beiden ersten grünen Blättchen sind fast kreisrund und ihre Oberseite ist spärlich behaart. Der Blättchenrand ist unbehaart. Die hellgrüne Sprossachse ist rund. Die Wuchshöhe beträgt 3 cm. Anschließend folgt das 6-Blattstadium. Dabei entwickelt die wachsende Pflanze ein Fiederblatt mit vier Blättchen in je zwei Paaren. Dieses erhebt sich über das ursprüngliche Keimblatt. Die Einzelblättchen weisen bereits die typische abgestumpfte Keilform auf. Die Blattbehaarung ist oberseits spärlich und der Blattrand ist bewimpert. Die Wuchshöhe dieser Pflanzen misst 5 cm. Danach entwickelt sich das 12-Blattstadium. Zu dem bereits gewachsenen Fiederblatt kommt nun ein weiteres mit sechs Blättchen. Die Pflanzen messen in diesem Abschnitt im Mittel 8 cm. Alle drei genannten Stadien traten im Juni 1994 auf, wobei das 12-Blattstadium nur in der geschützten und kultivierten Savanne vorkam. Im Verlauf der Regenzeit kommen immer mehr Fiederblättchen dazu. Sie entwickeln sich jeweils in 6er Schritten, d.h. es kommen 6 neue Blättchen je Stadium hinzu. Außerdem wächst die Sprossachse und gewinnt an Höhe.

Die Sprossachse ist rund, mit sehr kurzer weißlicher, weicher Behaarung (0,3-0,6 cm Ø). Die wurzelnahen Sprosssteile verholzen zum Ende der Vegetationsperiode. Die Pflanzen erreichen allgemein eine Wuchshöhe von 60-80(-150) cm. Die Blätter sind 3-paarig angeordnet und obovat. Der Blattrand ist behaart. Die Blattoberfläche ist mehr oder weniger dicht und eng anliegend weich behaart. Die Einzelblättchen sind 3-4 cm lang und 2 cm breit, mit 1-2 mm langen Stielchen an der Blattspindel (3-5 cm) angesetzt. Sie sind mit einer dornenförmigen Spitze am stumpfen Blattapex versehen. Zwischen dem untersten (kleinsten) Blättchenpaar ist eine zylindrische Blattdrüse (1-2 mm) deutlich erkennbar. Die Blattoberseite ist hellgrün, die -unterseite blassgraugrün gefärbt. Die Blätter werden bei Licht- und Wassermangel zusammengefaltet. Die hellgrünen Nebenblättchen in den Blattachseln sind 5 mm lang.

Der Blütenstand ist mit einem 2 cm langen Blütenstiel solitär oder in Razemen angeordnet, die im oberen Teil der Pflanze vorkommen. Die grünlichen Kelchblätter sind dicht behaart und aus 5 Blättern zusammengesetzt, davon sind 2 kurz und 3 etwas länger. Die Kronblätter setzen sich aus 5 Blütenblättern zusammen. Sie sind gelb und werden zu Beginn der Trocken-

zeit weißlich. Von den insgesamt 10 Staubblättern sind 3 sehr kurz (reduziert), 4 etwas länger (1-2 mm) und 3 lang (4 mm). Die Fruchtanlage ist gebogen, hellgrün, dicht weißlich behaart und zum Zeitpunkt der Beobachtung 15 mm lang.

Die schlanken, leicht gebogenen Hülsen sind hellgrün und im jungen Stadium an den Seiten abgeflacht. Bei Samenreife erscheinen sie hellbraun bis hellgraubraun, voll und rund und klaffen an beiden Fruchtnähten während der Trockenzeit auf. Sie messen 15-20 cm. Die Samen liegen in einzelnen Kammern, die durch Häutchen septiert sind. Das Hülsenende ist mit 1 cm langer Spitze versehen. Die Fruchtsiele sind 2-3 cm lang. Die Samen sind zunächst hellgrün. Ist die Reifung abgeschlossen, werden die Samenkörner dunkel- bis olivgrün mit schimmernder Schale. Im Boden werden sie zunehmend schwarzbraun und stumpf. Eine Hülse enthält im Mittel 23 (20-25) Samen. Sie sind 0,5-0,7 cm lang (0,3 cm Ø) und schrumpfen in der Trockenzeit geringfügig (0,5 cm bzw. 0,2-0,3 cm Ø). Ihre Form ist rhomboid bis ovoid. Zusammenfassend ist in Tabelle 5.5 die Samenproduktion von *S. obtusifolia* in den drei Weideökotypen dargestellt.

Tab. 5.5 Samenproduktion von *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit von Wuchsform, -höhe und Populationsdichte in drei Weideökotypen im Oktober 1993 (n = 13; 0,25 m<sup>2</sup>)

Parameter bezogen auf	Wuchsform -	Wuchshöhe [cm]	Pflanzen 0,25 m <sup>-2</sup>	Samen Pflanze <sup>-1*</sup>	Samen 0,25 m <sup>-2*</sup>
OS	KE <sup>1</sup>	64,5	15,00	75,9	1138,5
GS	KV <sup>2</sup>	70,0	2,54	110,4	280,4
	HS <sup>3</sup>	67,9	2,54	278,3	706,9
	Σ	-	5,08	388,7	987,3
KS	KE	93,7	0,41	80,5	33,0
	KV	100,0	0,18	216,2	38,9
	Σ	-	0,59	296,7	71,9
$\bar{x}$ WÖT		79,2 ± 7,31	4,13 ± 2,76	152,3 ± 40,44	439,5 ± 213,44

<sup>1</sup> Kronenform, einfach; <sup>2</sup> Kronenform, verzweigt; <sup>3</sup> Halbstrauch; \* bei 23 Samen im Mittel je Hülse

Im Oktober 1993 wurden in der offenen Savanne 1138 Samen je 0,25 m<sup>2</sup>, bei 23 Samen im Mittel je Hülse (Samenlänge 0,5 cm), geschätzt. Die angetroffene Wuchsform ist die einfache Kronenform mit 3,3 Hülsen je Pflanze. Die Samenproduktion in der geschützten Savanne ist abhängig von der Wuchsform. Die verzweigte Kronenform erbrachte 280 und die Halbstrauchform 707 Samen je 0,25 m<sup>2</sup>. Auch in der kultivierten Savanne ist die Wuchsform entscheidend für die Anzahl der Samen. So wurden für die einfache Kronenform 33 und für die verzweigte Kronenform 39 Samen je 0,25 m<sup>2</sup> errechnet (cf. Tab. 5.5). Die Statistik der

Wuchshöhe im Oktober 1993 ergab für die Vergleiche der einzelnen Wuchsformen innerhalb der Weideökotypen keine signifikanten Unterschiede (Tab. A5.1). Auch der Vergleich der Wuchshöhen nach der Wuchsform, unabhängig vom Weideökotyp, verfehlte im F-Test die Signifikanz (Tab. A5.2). Lediglich der Vergleich der Weideökotypen hinsichtlich Unterschiede in der mittleren Wuchshöhe von *S. obtusifolia* ergab mit  $p < 0,0001$  zwischen der offenen bzw. geschützten Savanne mit der kultivierten Savanne eine Signifikanz (Tab. A5.3), wobei sich die jeweils größeren Pflanzen in den eingezäunten Ökotypen fanden.

Die Wurzel ist eine kräftige, verholzende, dunkelbraune Pfahlwurzel. Bei 40 cm Pflanzenhöhe weist sie eine Länge von 15 cm auf. Im oberen Drittel beträgt der Durchmesser bei dieser Wuchshöhe  $\varnothing = 0,3$  cm. IBRAHIM (1998) stellte bei Messungen zur Bodenfeuchte in Zamfara fest, dass in Schichten von 15-30 cm Bodentiefe signifikant höhere Werte (verglichen mit 0-15 cm Tiefe) vorliegen. Dies ist für Wasserhaushalt und Seneszenz von *S. obtusifolia* von entscheidender Bedeutung. Durch die lange Pfahlwurzel ist diese Pflanze anderen gegenüber im Vorteil. Eine Untersuchung auf das Vorhandensein von Knöllchen zur Stickstoffbindung an den Wurzeln von *S. obtusifolia* verlief negativ.

Die Tabellen 5.6-5.8 fassen die *S. obtusifolia*-Pflanzen und deren Wuchshöhe über eine Vegetationsphase (1994) in den Parzellen der offenen, geschützten und kultivierten Savanne des Vorversuchs zusammen. Dabei werden die Anzahl der Pflanzen je Wuchshöhenkategorie und der jeweilige prozentuale Anteil an der Gesamtpopulation ausgewiesen. Schließlich wird die mittlere Wuchshöhe des *S. obtusifolia*-Bestandes in Abhängigkeit von der Häufigkeit im entsprechenden Betrachtungsmonat angegeben.

Tab. 5.6 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl von *Senna obtusifolia*, getrennt nach Wuchshöhe [cm], 1994 für die offene Savanne in den Vorversuchsflächen ( $n = 10$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Wuchshöhenkategorie		Juni	[%]	August	[%]	Oktober	[%]
0-15	7,5 <sup>1</sup>	54,7 ± 3,68	100	3,0 ± 2,28	15,6	0,6 ± 0,34	3,8
16-30	23,0	-		10,5 ± 1,92	54,7	4,4 ± 0,64	27,9
31-45	38,0	-		5,6 ± 1,48	29,2	4,6 ± 1,01	29,1
46-60	53,0	-		0,1 ± 0,10	0,5	3,4 ± 0,86	21,5
61-75	68,0	-		-		2,1 ± 1,04	13,3
76-90	83,0	-		-		0,7 ± 0,70	4,4
<i>S. obt.</i> <sup>2</sup> , gesamt		54,7	100	19,2	100	15,8	100
mittl. Wuchshöhe <sup>3</sup>		7,5		25,1		41,9	

<sup>1</sup> Klassenmittel; <sup>2</sup> *Senna obtusifolia*; <sup>3</sup> Klassenmittel × Häufigkeit

Tab. 5.7 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl von *S. obtusifolia*, getrennt nach Wuchshöhe [cm], 1994 für die geschützte Savanne in den Vorversuchsflächen (n = 10; 0,25 m<sup>2</sup>)

Wuchshöhenkategorie		Juni	[%]	August	[%]	Oktober	[%]
0-15	7,5 <sup>1</sup>	34,8 ± 6,54	100	-	-	-	-
16-30	23,0	-	-	2,1 ± 0,81	39,6	1,1 ± 0,43	22,4
31-45	38,0	-	-	2,0 ± 0,67	37,8	0,9 ± 0,59	18,4
46-60	53,0	-	-	0,6 ± 0,31	11,3	1,3 ± 0,33	26,5
61-75	68,0	-	-	0,6 ± 0,60	11,3	0,7 ± 0,40	14,3
76-90	83,0	-	-	-	-	0,4 ± 0,30	8,2
91-105	98,0	-	-	-	-	0,5 ± 0,50	10,2
<i>S. obt.</i> <sup>2</sup> , gesamt		34,8	100	5,3	100	4,9	100
mittl. Wuchshöhe <sup>3</sup>		7,5		37,2		52,7	

<sup>1</sup> Klassenmittel; <sup>2</sup> *Senna obtusifolia*; <sup>3</sup> Klassenmittel × Häufigkeit

Tab. 5.8 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl von *S. obtusifolia*, getrennt nach Wuchshöhe [cm], 1994 für die kultivierte Savanne in den Vorversuchsflächen (n = 10; 0,25 m<sup>2</sup>)

Wuchshöhenkategorie		Juni	[%]	August	[%]	Oktober	[%]
0-15	7,5 <sup>1</sup>	2,1 ± 0,55	100	0,5 ± 0,50	11,9	0,2 ± 0,20	11,1
16-30	23,0	-	-	1,1 ± 0,64	26,2	-	-
31-45	38,0	-	-	2,0 ± 0,67	47,6	0,4 ± 0,16	22,2
46-60	53,0	-	-	0,6 ± 0,31	14,3	0,9 ± 0,28	50,0
61-75	68,0	-	-	-	-	0,2 ± 0,20	11,1
76-90	83,0	-	-	-	-	0,1 ± 0,10	5,6
<i>S. obt.</i> <sup>2</sup> , gesamt		2,1	100	4,2	100	1,8	100
mittl. Wuchshöhe <sup>3</sup>		7,5		32,6		47,9	

<sup>1</sup> Klassenmittel; <sup>2</sup> *Senna obtusifolia*; <sup>3</sup> Klassenmittel × Häufigkeit

In Tabelle 5.9 sind die Ergebnisse des  $\chi^2$ -Tests für die *S. obtusifolia*-Dichte in den drei Weideökotypen über den Beobachtungszeitraum 1994 in den Vorversuchsflächen dargestellt.

Tab. 5.9 Anzahl von *S. obtusifolia* in drei Weideökotypen 1994 im  $\chi^2$ -Test (n = 10; 0,25 m<sup>2</sup>)

Monat	WÖT	beob. n <sup>1</sup>	erw. n <sup>2</sup>	Residuen	$\chi^2$ -Wert	FG	Signifikanz <sup>3</sup>
Juni	OS	547	447,5	99,5	44,247	1	< 0,0001
	GS	348	447,5	- 99,5			
	gesamt	895					
	OS	547	284,0	263,0	487,106	1	< 0,0001
	KS	21	284,0	- 263,0			
	gesamt	586					

<sup>1-2</sup> beobachtete, erwartete Anzahl; <sup>3</sup> asymptotisch

Fortsetzg. Tab. 5.9 Anzahl von *S. obtusifolia* in drei Weideökotypen 1994 im  $\chi^2$ -Test (n = 10; 0,25 m<sup>2</sup>)

Monat	WÖT	beob. n <sup>1</sup>	erw. n <sup>2</sup>	Residuen	$\chi^2$ -Wert	FG	Signifikanz <sup>3</sup>
Juni	GS	348	184,5	163,5	289,780	1	< 0,0001
	KS	21	184,5	- 163,5			
	gesamt	369					
August	OS	192	122,5	69,5	78,861	1	< 0,0001
	GS	53	122,5	- 69,5			
	gesamt	245					
	OS	192	117,0	75,0	96,154	1	< 0,0001
	KS	42	117,0	- 75,0			
	gesamt	234					
	GS	53	47,5	5,5	1,274	1	n.s.
	KS	42	47,5	- 5,5			
	gesamt	95					
Oktober	OS	158	103,5	54,5	57,396	1	< 0,0001
	GS	49	103,5	- 54,5			
	gesamt	207					
	OS	158	88,0	70,0	111,364	1	< 0,0001
	KS	18	88,0	- 70,0			
	gesamt	176					
	GS	49	33,5	15,5	14,343	1	0,00015
	KS	18	33,5	- 15,5			
	gesamt	67					

<sup>1-2</sup> beobachtete, erwartete Anzahl; <sup>3</sup> asymptotisch

Die Anzahl von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne beträgt im Juni 55, im August 19 bzw. Oktober 16 Pflanzen ( $\bar{x} = 30$ ), was einer Reduktion von 71% von Juni bis Oktober entspricht. In der geschützten Savanne stehen im Juni 35 *S. obtusifolia*-Pflanzen. Der Bestand sinkt im August und Oktober auf 5 Pflanzen je Messquadrat ( $\bar{x} = 15$ ). Die Verringerung des Bestandes von Juni bis Oktober beträgt in diesem Ökotyp 86%. In der kultivierten Savanne kommen bei den Messungen im Juni und Oktober 2, im August 4 *S. obtusifolia*-Pflanzen vor ( $\bar{x} = 3$ ). Die Populationsreduktion von Juni auf Oktober ergibt somit 14%.

Nach dem  $\chi^2$ -Test ist die *S. obtusifolia*-Dichte in der offenen Savanne am höchsten, gefolgt von der geschützten und schließlich der kultivierten Savanne. Einzige Ausnahme bildet die Bestandsdichte in der geschützten und der kultivierten Savanne im August, deren Unterschied nicht signifikant war (Tab. 5.9).

Zu Beginn der Regenzeit (Juni) sind die *S. obtusifolia*-Pflanzen in allen Weideökotypen einheitlich kleiner als 15 cm (2- bzw. 6-Blattstadium) und unterscheiden sich daher nicht in der Wuchshöhe (somit erübrigt sich ein statistischer Test). In den Monaten August und Oktober besteht ein signifikanter Unterschied bei der Verteilung der Wuchshöhe nach dem exakten Test von Fisher (Tab. 5.10). Die höchsten *S. obtusifolia*-Pflanzen stehen mit 37 (August) bzw. 53 cm (Oktober) im Mittel in der geschützten Savanne. Es folgt die kultivierte Savanne mit 33 bzw. 48 cm und schließlich die offene Savanne mit 25 bzw. 42 cm (Tab. 5.6-5.8).

Tab. 5.10 Verteilung der Wuchshöhen von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen im August und Oktober im exakten Test nach Fisher

Weideökotypenvergleich	Monat	Signifikanz
OS vs. GS	August	0,029
OS vs. KS		0,008
GS vs. KS		0,017
OS vs. GS	Oktober	< 0,0001
OS vs. KS		< 0,0001
GS vs. KS		0,008

Kleine Pflanzen im Juni und August lassen auf Keimaktivität schließen, während im Oktober stattdessen ein zurückgebliebenes Pflanzenwachstum, möglicherweise verursacht durch Platz- oder Wassermangel, angenommen werden kann.

Im August ist der Hauptanteil von 10 Pflanzen in der offenen Savanne zwischen 16-30 cm hoch. Im Mittel sind 6 Pflanzen zwischen 31-45 cm hoch, während der Anteil kleinerer bzw. größerer Individuen unter einer Pflanze liegt. Dabei wurde eine Wuchshöhe von 60 cm nicht überschritten. Zum Maximum der Regenzeit sind in der geschützten Savanne jeweils 2 *S. obtusifolia*-Pflanzen zwischen 16-30 bzw. 31-45 cm hoch. Der Anteil größerer Exemplare liegt unter einer Pflanze, wobei eine Höhe von 75 cm nicht überschritten wird. Im August wird eine Wuchshöhe von 60 cm in der kultivierten Savanne nicht überschritten. In der geschützten und in der kultivierten Savanne überwiegt jeweils die Anzahl der höheren *S. obtusifolia*-Pflanzen mit einem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman von  $r_s = 0,339$  bzw.  $0,244$  ( $p \leq 0,0001$ ) im Vergleich zur offenen Savanne. Dagegen sind die Unterschiede zwischen der geschützten und kultivierten Savanne nicht signifikant (Tab. 5.11).

Zu Beginn der Trockenzeit schwankt die Wuchshöhe in der offenen Savanne beträchtlich. Jeweils 3-4 Pflanzen erreichen eine Höhe zwischen 16-30; 31-45 cm bzw. 46-60 cm und 2

Pflanzen waren 61-75 cm hoch. Der Anteil kleinerer bzw. größerer Individuen liegt unter einer Pflanze je 0,25 m<sup>2</sup>. Die maximale Pflanzenhöhe lag bei 77 cm. Im Oktober schwankt die Wuchshöhe in der geschützten Savanne ähnlich wie in der offenen Savanne. Jede Messkategorie wurde mit einer Pflanze im Quadrat gezählt. Die maximale Pflanzenhöhe wurde mit 105 cm ermittelt. In der geschützten Savanne steht eine signifikant größere Anzahl höherer Pflanzen, verglichen mit der offenen Savanne ( $r_s = 0,183$  mit  $p = 0,008$ ; Tab. 5.11). In der kultivierten Savanne unterliegt die Wuchshöhe im Oktober ähnlichen Schwankungen wie bereits in den vorherigen Ökotypen beobachtet. Die größten Pflanzen erreichten hier eine Höhe von 80 cm. Beim Vergleich von offener mit kultivierter Savanne konnte keine signifikante Korrelation ermittelt werden. Tabelle 5.11 gibt die statistische Auswertung der Vergleiche der Weideökotypen in den Monaten August und Oktober bezüglich der Anzahl von *S. obtusifolia* in den Wuchshöhenkategorien wieder.

Tab. 5.11 Rangkorrelation nach Spearman ( $r_s$ ) für die Anzahl von *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit von der Wuchshöhe in drei Weideökotypen für die Monate August und Oktober

Weideökotypen- vergleich	Monat	Korrelations- koeffizient ( $r_s$ )	asymptotischer Standardfehler	Signifikanz
OS vs. GS	August	0,339	0,057	< 0,0001
OS vs. KS		0,244	0,070	0,0001
GS vs. KS		- 0,093	0,102	n.s.
OS vs. GS	Oktober	0,183	0,070	0,008
OS vs. KS		0,125	0,071	0,098 <sup>n.s.</sup>
GS vs. KS		- 0,041	0,113	n.s.

### 5.3.2 Keimversuche

#### 5.3.2.1 Keimuntersuchung im Labor

Beim Dunkelkeimversuch, über einen Zeitraum von 29 Tagen, keimten 4 *S. obtusifolia*-Samen von insgesamt inkubierten 100 Samen. Dabei wurde bei einer Temperatur von 25°C keine Keimung registriert, bei 30°C keimte 1 und bei 35°C die restlichen 3 Samen. Möglicherweise wegen anfänglich niedriger Temperaturen oder mangelnder Skarifizierung kam es zu dieser niedrigen Keimrate, so dass der Versuch der Laborkeimung als fehlgeschlagen eingeschätzt werden muss.



### 5.3.2.2 Keimuntersuchung im Topfversuch

Der Keimerfolg der im Mai 1995 gesammelten *S. obtusifolia*-Samen, die *Caryedon pallidus* Fraßstellen aufweisen, ist gering. Er liegt bei 7,3% im Mittel mit einem Standardfehler von  $\pm 2,40$  (mit 4, 12 und 6% für die drei Wiederholungen). Unbeschädigte *S. obtusifolia*-Samen keimten mit 44, 48 und 52%. Das ergibt einen Mittelwert von  $48,0\% \pm 2,31$ . Der Unterschied zwischen der Anzahl gekeimter Samen mit und ohne Käferbefall ist nach dem  $\chi^2$ -Test (Tab. 5.12) signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,0001$ . Die Larven von *C. pallidus* verhindern durch ihre Fraßtätigkeit die Keimung von *S. obtusifolia*-Samen. Es erscheint daher sinnvoll, eine biologische Kontrolle von *S. obtusifolia* durch diesen Samenkäfer in Betracht zu ziehen.

Bei dem Versuch, dieses Experiment Anfang Oktober zu wiederholen, wurde festgestellt, dass die *S. obtusifolia*-Samen nicht keimen. Es wird vermutet, dass die im Oktober einsetzenden Temperaturschwankungen und niedrigeren -minima eine Keimung verhinderten (cf. Tab. A2.2, Klimawerte der Region GRIFFITHS 1972b, BRUNK 1998). Die Möglichkeit einer physiologischen Dormanz wird für *S. obtusifolia* ausgeschlossen (cf. BASKIN & BASKIN 1998).

Tab. 5.12 Einfluss der Samenschädigung auf die Keimrate von *Senna obtusifolia* im  $\chi^2$ -Test (n = 3, 150 Samen)

Samen- qualität	beobachtete n	erwartete Anzahl	Residuen	$\chi^2$ -Wert	FG	asymptotische Signifikanz
1 <sup>1</sup>	72	41,5	30,5	44,831	1	< 0,0001
2 <sup>2</sup>	11	41,5	- 30,5			
gesamt	83					

<sup>1</sup> unbeschädigt, <sup>2</sup> von *Caryedon pallidus*-Larven beschädigt

### 5.3.3 Verbreitungspotential

#### 5.3.3.1 Bodensamenvorrat

Prinzipiell weist die offene Savanne den höchsten Samenvorrat auf, gefolgt von der geschützten und der kultivierten Savanne (cf. Abb. 5.3). Im Mittel fanden sich 6 *S. obtusifolia*-Samen in 6250 cm<sup>3</sup> Oberboden (25 × 25 cm bei 10 cm Tiefe) über die gesamte Beobachtungsperiode unabhängig von Weideökotyp und Behandlung. Dabei wurden in der offenen Savanne 11,2 Samen, in der geschützten Savanne 4,5 und in der kultivierten Savanne 2,5 Samen im Mittel je Zählquadrat gefunden (Tab. A5.4). In Abbildung 5.3 wird der Vorrat an *S. obtusifolia*-Samen im Boden der drei Weideökotypen über einen Zeitraum von drei Jahren

(1993-96) dargestellt. In Tabelle A5.5 sind die Ergebnisse des ANOVA-F-Tests zur Schätzung der Einflüsse von Behandlung, Weideökotyp und Jahreszeit auf den Bodensamenvorrat von *S. obtusifolia* dokumentiert. Da kein Unterschied zwischen behandelten Flächen und der Kontrolle nach dem ANOVA-F-Test besteht (Tab. A5.5), werden die Samenvorräte für die Weideökotypen in den jeweiligen Monaten zusammengefasst (Abb. 5.3).

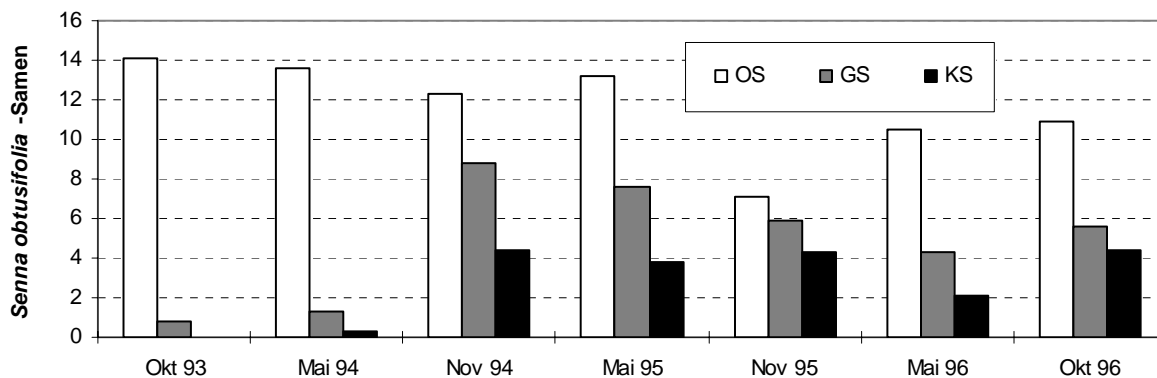


Abb. 5.3 *Senna obtusifolia*-Bodensamenvorrat in drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 13) und Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 25)

Tab. 5.13 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Jahreszeit auf den Bodensamenvorrat von *Senna obtusifolia* mit dem ANOVA-F-Test

Effekt	n	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp	3	2	181,49	< 0,0001
Jahreszeit	7	6	14,17	< 0,0001
WÖT*Jahreszeit		12	8,92	< 0,0001

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Im Vergleich der drei Weideökotypen (Abb. 5.3) ist nach dem ANOVA-F-Test (Tab. 5.13, Tab. A5.5) und dem Dunnett-T3-Test (Tab. A5.7) die Samenbank von *S. obtusifolia* signifikant ( $p < 0,0001$ ) unterschiedlich, wobei der Gradient von der offenen über die geschützte zur kultivierten Savanne abnimmt. Des Weiteren unterscheiden sich die zeitlichen Verläufe der Samenvorräte in den einzelnen Weideökotypen nach dem ANOVA-F-Test signifikant ( $p < 0,0001$ ) voneinander. Nach dem Dunnett-T3-Test unterscheiden sich die Samenmengen im Mittel aller Weideökotypen im Oktober 1993 verglichen mit 94 und 96 sowie Mai 1994 mit sämtlichen Jahren zu Beginn der Trockenzeit (Tab. A 5.6).

Die *S. obtusifolia*-Samenbank in der offenen Savanne zum Ende der Regenzeit 1993 erfährt in den Folgejahren einen Rückgang um 13,8 (n.s.) und 49,7 ( $p < 0,0001$ ) bzw. 24,8% (n.s.). Die-

ser Trend ist hier auch zu Beginn der Regenzeit 1994, verglichen mit den weiteren Terminen, zu erkennen (31,6 bzw. 22,8% mit  $p < 0,0001$  bzw.  $p = 0,002$ ). Die Samenzahl ist im November 1995 mit 7,3 am geringsten. In der geschützten und kultivierten Savanne ist im Vergleich 1993 zu 1994 ein signifikanter Anstieg der Samenmenge im Boden zu Beginn der Trockenzeit zu verzeichnen ( $p < 0,0001$ ). In den folgenden Jahren wurde zu Beginn der Trockenzeit in der geschützten Savanne ein Rückgang um 32,6 und 34,3% im Vergleich zu 1994 registriert ( $p < 0,0001$ ). In der kultivierten Savanne ändert sich der Samenvorrat im Vergleich zu 1994 in den Folgejahren nur unwesentlich. Zu Beginn der Regenzeit ist in der geschützten und kultivierten Savanne jeweils von 1994 auf 95 ein signifikanter Anstieg zu beobachten ( $p < 0,0001$ ). Im Mai 1996 sinken die Samenvorräte wieder leicht. Die Signifikanzen für die einzelnen Weideökotypen sind nach dem Binomial-Test aus Tabelle A5.8 zu entnehmen.

Stellt man die Weideökotypen, getrennt nach Behandlung und Jahreszeit zu Beginn und Ende der Trockenzeit mittels Binomial-Test gegenüber, so verfehlte lediglich der Vergleich der Behandlungen mit der Kontrolle am Ende der Trockenzeit die Signifikanz (Tab. A5.9-A5.11).

Zum Ende der Trockenzeit ist eine geringere Anzahl *S. obtusifolia*-Samen in der geschützten (39% im Mittel von Behandlung und Kontrolle) und der kultivierten Savanne (32%) zu beobachten (Abb. 5.4). Das bedeutet, dass hier über die Trockenzeit ein Abbau der Samenbank erfolgt. Dieser kann z.B. durch die Fraßtätigkeit von *Caryedon pallidus*-Samenkäfern hervorgerufen worden sein. Es kann auch angenommen werden, dass kein weiterer Eintrag von noch in Hülsen vorhandenen Samen vorkommt, da nicht sehr viele Pflanzen mit wenigen Hülsen vorhanden sind. Dagegen ist in der offenen Savanne die Samenmenge im Boden im Mittel der Beprobungen zu beiden Zeitpunkten mit 50% gleich. Eine hohe Pflanzendichte und viele Hülsen, die potentiell über einen längeren Zeitraum hinweg ihre Samen abwerfen können, dürfte ein Grund für dieses Phänomen sein. Eine höhere Anzahl Samen zieht eine höhere Keimaktivität und folglich einen dichteren *S. obtusifolia*-Bestand, wie er in der offenen Savanne zu verzeichnen ist, nach sich.

In Abbildung 5.4 sind die Samenvorräte von *S. obtusifolia* zu Beginn und Ende der Trockenzeit in den drei Weideökotypen der Sudansavanne Nordzafarar gegenübergestellt.

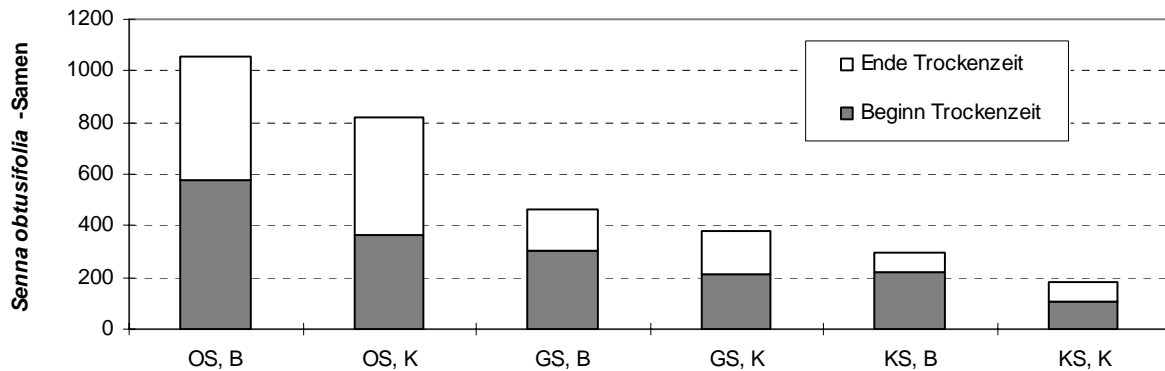


Abb. 5.4 Vergleich der Summen der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* zu Beginn und zum Ende der Trockenzeit in drei Weideökotypen [ $25 \times 25 \times 10$  cm] im Mittel von Oktober 1993 ( $n = 10$ ,  $n_0 = 3$ ) und Mai 1994 bis Oktober 1996 ( $n = 15$ ,  $n_0 = 10$ )

Zusammengefasst lässt sich zum Bodensamenvorrat von *S. obtusifolia* sagen, dass sich Weideökotyp, Untersuchungszeitpunkt und die Wechselwirkungen zwischen beiden Parametern als signifikant unterschiedlich erwiesen, während die Kontrollmaßnahmen und ihre Wechselwirkungen keinen Einfluss hatten.

### 5.3.3.2 Entwicklung der Samenbank

In Abbildung 5.5 werden die jahreszeitlichen Schwankungen im *S. obtusifolia*-Samenvorrat im Boden am Beispiel der offenen Savanne deutlich. Die Ergebnisse des ANOVA-F-Tests zur Schätzung der Einflüsse verschiedener Parameter auf die Entwicklung der Samenbank von *S. obtusifolia* gehen aus Tabelle 5.14 hervor.

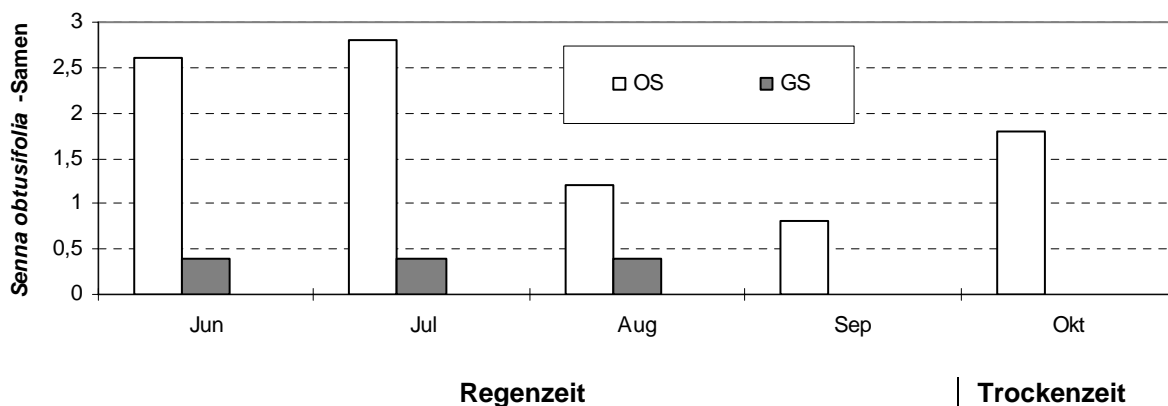


Abb. 5.5 Anzahl von *Senna obtusifolia*-Samen im Boden über eine Vegetationsperiode (1996) in der offenen und geschützten Savanne<sup>1</sup> ( $n = 5$ ;  $25 \times 25 \times 5$  cm)

<sup>1</sup> In der kultivierten Savanne ist der Samenvorrat zu diesem Zeitpunkt nicht nachweisbar.

Tab. 5.14 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Monat auf die Entwicklung der Samenbank von *Senna obtusifolia* 1996 mit dem ANOVA-F-Test

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp	1,55	35,48	< 0,0001
Monat	3,05	2,38	0,0955 <sup>n.s.</sup>
Weideökotyp*Monat	4,34	1,72	0,1760 <sup>n.s.</sup>

Der Samenvorrat nimmt während der Regenzeit in der offenen Savanne ab. Gegen Ende der Regenzeit nimmt der Samenvorrat zu (Ausfallen neuer Samen). Der Samenvorrat ist in der geschützten Savanne gering und der kultivierten Savanne nicht nachweisbar. Der Unterschied zwischen der offenen Savanne und den beiden übrigen Ökotypen ist mit  $p < 0,0001$  hoch signifikant (Tab. 5.14). Nur im September wurden Keimpflanzen von *S. obtusifolia* mit einer Wuchshöhe von 10 cm beobachtet, die als Hinweis für Keimaktivität gewertet werden können. Es wurden in der offenen Savanne 1 Keimling und in der geschützten bzw. kultivierten Savanne je 0,4 Keimlinge gezählt. Das Keimen einer Pflanze in der kultivierten Savanne, wo keine Samen im Boden nachgewiesen werden konnten, wird auf Fremdeintrag zurückgeführt.

Die Unterschiede zwischen der Samenbank von *S. obtusifolia* innerhalb und der Anzahl der *S. obtusifolia*-Samen in dieser Studie außerhalb der Versuchspartellen sind erheblich (cf. Tab. A5.4 und A5.12). Beispielsweise werden im Oktober 1996 in der offenen Savanne 11 Samen in den Behandlungen und der Kontrolle nachgewiesen. Im gleichen Weideökotyp wurden außerhalb der Partellen nur 2 Samen im Boden gefunden. Dagegen kommen in der geschützten und in der kultivierten Savanne innerhalb der Partellen zwischen 3-5 Samen vor, während in den gleichen Ökotypen außerhalb der Partellen keine Samen im Oktober nachgewiesen werden konnten. Mögliche Erklärungen für die genannten Schwankungen im Bodensamenvorrat in unterschiedlichen Flächen des gleichen Weideökotyps können in der pflanzennahen (ungleichmäßigen) Verteilung der *S. obtusifolia*-Samen, in der Keimaktivität und in der Vernichtung bzw. Verlagerung durch Insekten oder Weidetiere gesucht werden.

#### 5.3.4 Wachstum und Entwicklungsverlauf

Die Entwicklung von *S. obtusifolia* wurde anhand der Zählung von Keim- und wachsenden Pflanzen beobachtet. In Abbildung 5.6 ist die Entwicklung der *S. obtusifolia*-Population in den drei Weideökotypen graphisch dargestellt (cf. Tab. A5.13).

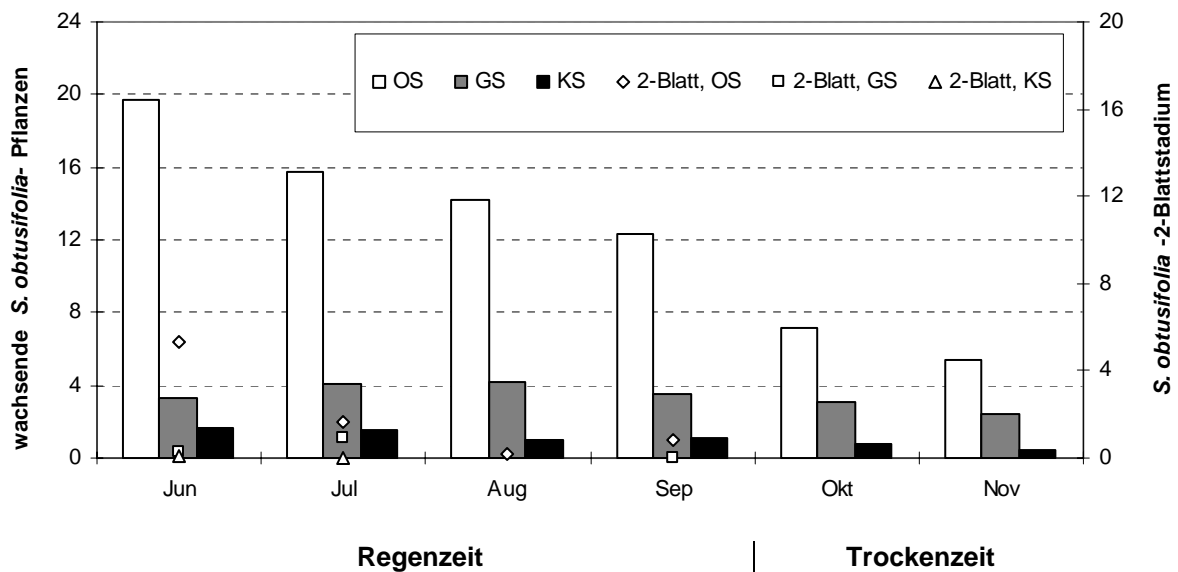


Abb. 5.6 Keim- (2-Blattphase) und wachsende *Senna obtusifolia*-Pflanzen in drei Weideökotypen 1995 und 1996 (Mittelwerte aus 2 Jahren,  $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. 5.15 Schätzung der Einflüsse von Weideökotyp und Monat auf die Entwicklung von *Senna obtusifolia* mit dem ANOVA-F-Test

Effekt	Wuchsstadium	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp		1,74	90,83	< 0,0001
Monat	2-Blattstadium	51,00	19,75	< 0,0001
Weideökotyp*Monat		88,70	6,26	< 0,0001
Weideökotyp		1,98	1147,32	< 0,0001
Monat	wachsende Pflanzen	51,00	8,50	< 0,0001
Weideökotyp*Monat		101,00	3,63	< 0,0001

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Aus Tabelle 5.15 gehen die Ergebnisse des ANOVA-F-Tests, zur Schätzung der Einflüsse verschiedener Parameter auf die Keimaktivität und das Wachstum von *S. obtusifolia*, hervor. Bei der Erfassung der *S. obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium), während der Vegetationszeiten 1995-96, konnte nachgewiesen werden, dass *S. obtusifolia* mit Beginn der Regenzeit (Mai) keimt und in Abhängigkeit der Niederschläge und des Bodensamenvorrats weitere Keimaktivität vorkommt (Abb. 5.6-5.7). Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Anzahl der Keimpflanzen in der offenen Savanne, insbesondere zu Beginn der Regenzeit, mit 5,4 Sämlingen je  $0,25 \text{ m}^2$  deutlich höher ist, als in den eingezäunten Weideökotypen (0,1-0,3). Diese Unterschiede sowohl zwischen den Ökotypen als auch den Monaten und deren Wechselwirkung waren nach dem ANOVA-F-Test (Tab. 5.15) signifikant. Für die wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen ist dies ebenfalls zutreffend. So wurden im Juni 20 *S. obtusifolia*-Pflanzen in

der offenen Savanne gegenüber 3,4 bzw. 1,6 in der geschützten und kultivierten Savanne gezählt.

Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchung ist die Abnahme der *S. obtusifolia*-Dichte im Verlauf der Vegetationszeit. In der offenen und der kultivierten Savanne wird dies besonders deutlich. Die Reduktion beträgt hier *ca.* 75% (Juni bis November). In der geschützten Savanne beläuft sich der Rückgang auf 28%. Diese Verringerung ist als Folge der Konkurrenz, insbesondere um den Faktor Wasser, zu erklären. Während in der offenen Savanne intraspezifische Zusammenhänge eine entscheidende Rolle spielen, sind es in den eingezäunten Ökotypen v.a. interspezifische, was auf die positive Verdrängungswirkung einer geschlossenen Weidenarbe gegenüber *S. obtusifolia* hinweist. Weideökotypen (kontrollierte Bewirtschaftung) und Jahreszeit (Niederschläge) sowie deren Wechselbeziehung haben folglich maßgeblichen Einfluss auf Keimung, Wachstum, Vermehrung und Kontrolle von *S. obtusifolia*.

In Abbildung 5.7 wird die phänologische Entwicklung von *S. obtusifolia* zusammengefasst. Wie bereits aus Abb. 5.6 hervorgeht, finden Keimungs- und Wachstumsvorgänge während der Regenzeit statt. Diese können mit den einsetzenden Niederschlägen sporadisch bereits im April beginnen, wobei längere regenarme Perioden das Absterben der jungen Pflanzen zur Folge hat. Ende August und September blüht *S. obtusifolia* (frühblühende Annuelle *cf.* HOPKINS 1968, SARMIENTO & MONASTERIO 1983: 99) und beginnt zeitgleich Früchte zu bilden. Die Hülsenbildung dauert etwa bis Mitte Oktober. Die Hülsen mit den Samen entwickeln sich zu Beginn der Trockenzeit (Oktober) und werden Ende November reif. Bedingt durch den Wassermangel und das Vertrocknen der Pflanzen platzen die Hülsen und verteilen ihre Samen von Dezember bis März (*cf.* Abb. 5.7). Aus arbeitstechnischen Gründen lagen die Beobachtungstermine im Abstand von einer Woche. Daher konnte nicht von einer täglichen Erfassung ausgegangen werden (*cf.* KATTACH 1995: 74ff.).

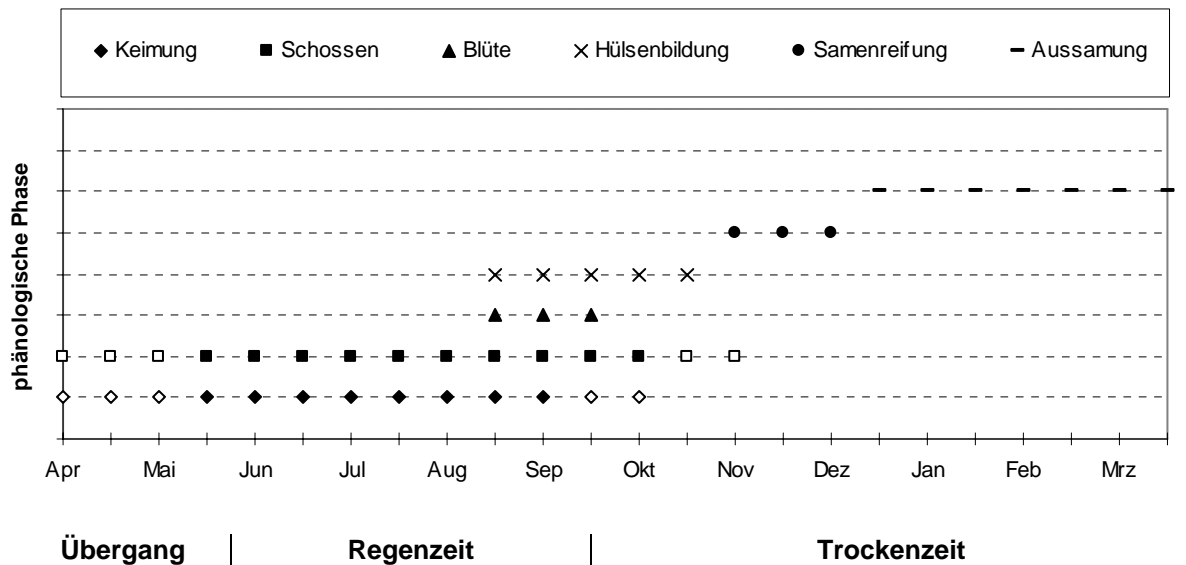


Abb. 5.7 Phänologische Entwicklung von *Senna obtusifolia* im Jahresverlauf (leere Symbole: Keimung und Wachstum<sup>1</sup> bei Niederschlag bzw. Laub bis Anfang November noch grün)

<sup>1</sup> cf. LINNE (2001: 1ff.)

Für die Einschätzung des Gefährdungspotentials von *S. obtusifolia* als Unkraut ist die Zählung im Oktober von entscheidender Bedeutung, da diese Population die Samenträger für die Folgegeneration darstellt. Kontrollmaßnahmen zur Bekämpfung von *S. obtusifolia* sollten mit Hinblick auf die Fruchtbildung im August abgeschlossen sein. Es sei bemerkt, dass die Blätter von *S. obtusifolia* in der Trockenzeit (Anfang November) länger grün bleiben als die der meisten Gräser (bedingt durch die Pfahlwurzel), was sich auf die Nähr- und Inhaltsstoffe auswirkt (cf. Abschnitt 5.3.5; GALLER 1989, AWODOLA *et al.* 1998). Faktoren wie Interferenz, Samenfraß, -ausschüttung, -keimung, Pathogene und Herbivorie (COUSENS & MORTIMER 1995) sowie Trockenstress beeinflussen den Ablauf der einzelnen phänologischen Stadien.

### 5.3.5 Inhaltsstoffanalyse

Die Bestimmung der Rohnährstoffe von *S. obtusifolia*-Blattproben im Verlauf der Vegetationsperiode 1994 ergab die in Tabelle 5.16 zusammengestellten Angaben. Die Gehalte an Rohnährstoffen in *S. obtusifolia*-Blättern liegen im Mittel der vegetativen Phase für Rohasche, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und N-freie Extrakte bei 11,6; 21,4; 3,0; 11,7 und 52,3% in der Trockensubstanz. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz liegt bei 80%. Der Gehalt an metabolischer Energie der Blätter ist mit 10,8 MJ kg<sup>-1</sup> TS als hoch einzuschätzen. Weiterhin fallen die geringen jahreszeitlichen Schwankungen im Verlauf der Vegetationsperiode auf.



Tab. 5.16 Rohrnährstoffgehalte von *Senna obtusifolia*-Blättern (STEINGAB pers. Mitteil. 1995)

Probe	TS <sup>1</sup> [%]	XA <sup>2</sup>	XP <sup>3</sup>	XL <sup>4</sup>	XF <sup>5</sup>	XX <sup>6</sup>	dO <sup>7</sup> [%]	ME <sup>8</sup>
06.94	25,4	13,1	18,8	2,1	12,0	54,0	80,0	10,6
07.94	26,4	12,3	21,0	3,0	12,2	51,5	81,4	10,9
08.94	25,0	10,8	17,5	2,5	13,4	55,8	79,9	10,9
$\bar{x}_{RZ}^9$	25,6	12,1	19,1	2,5	12,5	53,8	80,4	10,8
09.94	24,4	10,6	27,9	2,9	11,7	46,9	80,0	10,6
10.94	27,2	11,2	21,6	4,7	9,3	53,2	80,4	11,2
$\bar{x}_{bTZ}^{10}$	25,8	10,9	24,8	3,8	10,5	50,1	80,1	10,9
$\bar{x}_{ges}$	25,7	11,6	21,4	3,0	11,7	52,3	80,3	10,8
(± SF)	(0,50)	(0,48)	(1,79)	(0,44)	(0,67)	(1,51)	(0,28)	(0,11)

<sup>1</sup> Trockensubstanz; <sup>2-6</sup> Rohasche, -protein, -fett, -faser, N-freie Extraktstoffe [% i. TS]; <sup>7</sup> *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz; <sup>8</sup> metabolische Energie [MJ kg<sup>-1</sup> TS]; <sup>9</sup> Regenzeit, <sup>10</sup> beginnende Trockenzeit

Bei der Unterteilung der Probenchargen von *S. obtusifolia*-Blättern nach dem Termin ergab sich sowohl für die Rohrnährstoffe als auch für die Verdaulichkeit und den Energiegehalt kein signifikanter Unterschied zwischen der Regenzeit und der beginnenden Trockenzeit (Tab. A5.14). Die Trockensubstanz bleibt mit *ca.* 26% konstant. Ebenso ändern sich die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Energiegehalt nicht wesentlich. Die Gehalte an Rohasche, -faser und N-freien Extrakten nehmen um 2-4% ab. Der Gehalt an Rohprotein und -fett nimmt mit Beginn der trockenen Periode zu, nämlich von 19 auf 25% bzw. von 3 auf 4%.

In Tabelle 5.17 sind die Ergebnisse der Bestimmung der Rohrnährstoff- und Tanningehalte von *S. obtusifolia*-Blattproben, im Verlauf der Vegetationsperiode 1995, zusammengestellt. In der Trockenzeit wurden außerdem je eine Hülsen- und Samenprobe untersucht. Diese Daten aus eigenen Untersuchungen werden mit Angaben über die Blattqualität von *S. obtusifolia* in Mali und *Z. glochidiata* in Nordwestnigeria verglichen (Tab. 5.18).

Der mittlere Rohproteingehalt mit 22,3% in der Trockensubstanz liegt um 1% höher als in den Blattproben von 1994. Der Gehalt an Neutraldetergens-Faser (NDF) in den Blättern wird im Mittel mit 48,7% angegeben. Der Tanningehalt der Blätter von *S. obtusifolia* liegt bei 1% im Mittel der Vegetationszeit. Die Untersuchung der Samen von *S. obtusifolia* ergab 23,1% Rohprotein und 72,7% NDF in der Trockensubstanz. Der Gehalt an Tanninen wurde für die Samen nicht bestimmt. Dafür werden die *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz mit 52% und der Gehalt an Säuredetergens-Lignin (ADL) mit 5,6% in der Trockensubstanz

der *S. obtusifolia*-Samenprobe angegeben (NASTIS pers. Mitteil. 1995). Die Probe der *S. obtusifolia*-Hülsen mit Samen ergab 24,3% Rohprotein, 66,3% NDF und 1,7% Tannin.

Tab. 5.17 Rohnährstoff- und Tanningehalte von *Senna obtusifolia*-Blättern, -Hülsen und -Samen (NASTIS pers. Mitteil. 1996)

Probe	Art	XP <sup>1</sup>	NDF <sup>2</sup>	Tannin <sup>3</sup>
06.95	Blätter	22,2	39,6	0,89
07.95	Blätter	20,1	31,8	0,97
08.95	Blätter	23,8	57,0	1,09
$\bar{x}_{RZ}^6$	Blätter	22,0	42,8	0,98
09.95	Blätter	22,9	60,4	0,81
10.95	Blätter	n.e. <sup>4</sup>	54,8	1,31
$\bar{x}_{bTZ}^7$	Blätter	-	57,6	1,06
$\bar{x} \pm SF$	Blätter	22,3 $\pm$ 0,79	48,7 $\pm$ 5,52	1,01 $\pm$ 0,09
11.95	Hülsen <sup>5</sup>	24,3	66,3	1,68
11.95	Samen	23,1	72,7	n.e.

<sup>1</sup> Rohprotein, <sup>2</sup> Neutraldetergens-Faser, <sup>1-3</sup> [% i. TS], <sup>4</sup> nicht ermittelt, <sup>5</sup> mit Samen; <sup>6</sup> Regenzeit, <sup>7</sup> beginnende Trockenzeit

Die statistischen Auswertungen mittels *t*-Test ergaben auch für die *S. obtusifolia*-Blattproben von 1995 keine Signifikanzen (Tab. A5.14). Ähnlich den untersuchten Blattproben von 1994 zeigen sich beim Rohproteingehalt der *S. obtusifolia*-Blätter von 1995 nur geringe jahreszeitliche Schwankungen. EL HADJ *et al.* (2005) ermittelten Rohproteingehalte frischer *S. obtusifolia*-Blätter in Mali von 10% (Oktober) bis zu 22% (August). Ein sinkender Rohproteingehalt von der niederschlagsreichen (Juni) zur trockenen Periode (November) wurde auch im Zamfara-Weidegebiet für Futterbäume wie *Tamarindus indica* Linn. (*Caesalpinioideae*) mit 16 bzw. 12% und *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taubert (*Mimosoideae*) mit 23 bzw. 12% konstatiert (BAUMANN 1995, SCHÄFER 1998). Für *Z. glochidiata*-Blattproben, eine krautige *Papilionoideae*, wurden zwischen Juli und Oktober in Zamfara nur eine geringe Differenz im Rohproteingehalt mit 16% bzw. 15% ermittelt. Hingegen fällt der Wert im November auf 9% ab (SCHÄFER & NASTIS pers. Mitteil. 1996). Es könnte die Vermutung eines zeitlichen Zusammenhangs zwischen Rohproteingehalt und Niederschlagsmenge bzw. Wassergehalt des Bodens naheliegen. Da keine Blattproben von *S. obtusifolia* im November und der folgenden Trockenzeit vorliegen, müsste dies erst geprüft werden.

Dagegen konnte bei einem Vergleich von Futterleguminosen in Thailand während der Regen- bzw. Trockenzeit, wie im Fall von *S. obtusifolia* in Nordwestnigeria, ein steigender Anteil an

Rohprotein festgestellt werden. So ergab sich für *Desmodium intortum* (Mill.) Urban. (ganze Pflanze) im Mittel 13,8 bzw. 18,5% und für *Sesbania grandiflora* (L.) Pers. (Blätter) 24,6 bzw. 27,4% Rohprotein in der Regen- bzw. Trockenzeit (LEGEL 1984).

Der Anteil an NDF, d.h. Zellwandsubstanzen<sup>39</sup> (Hemizellulosen, Zellulosen und Lignin), in *S. obtusifolia*-Blättern wird von EL HADJ *et al.* (2005) für Proben aus Mali mit 58% (Oktober) angegeben. Eine Studie in Südafrika erbrachte einen vergleichsweise niedrigen NDF-Gehalt des Blattmaterials von *Cassia sturtii* R.Br. mit 22-25% (NIEKERK *et al.* 2004c). Da eigene Untersuchungen über den ADF-Gehalt (Zellulose, Lignin) fehlen, wird auf die Ergebnisse von EL HADJ *et al.* (2005) in Mali zurückgegriffen. Es wurde ein ADF-Anteil von 30 bzw. 40% im August bzw. Oktober für *S. obtusifolia*-Blatt- und Sprossmaterial ausgewiesen. Der Gehalt an ADL in Blättern von *C. sturtii* wird mit 7-8% angegeben (NIEKERK *et al.* 2004c).

Bei den *S. obtusifolia*-Blattproben wurde in Zamfara über den gesamten Beobachtungszeitraum von 1994 eine hohe Verdaulichkeit der organischen Substanz mit 80% angegeben (Tab. 5.16). EL HADJ *et al.* (2005) ermittelten für *S. obtusifolia*-Blatt- und Sprossmaterial 52% *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz (Oktober), was dem Wert für *S. obtusifolia*-Samen (November) in Zamfara, Nigeria entspricht. Vergleichbare Daten für *C. sturtii*-Blätter liegen bei 53-57% (NIEKERK *et al.* 2004c). Die Blätter von *Z. glochidiata* zeigen während der Hauptphase der Regenzeit ähnlich hohe Werte für die Verdaulichkeit wie *S. obtusifolia*, sinken jedoch zu Beginn der trockenen Periode auf unter 50% (Tab. 5.18).

Der Gehalt an Tanninen in *S. obtusifolia*-Blattproben liegt mit 1% im Mittel zwischen den Angaben für *Z. glochidiata* und *Stylosanthes hamata* (L.) Taubert mit je 0,33 bzw. 1,73% (Zamfara, SCHÄFER & NASTIS pers. Mitteil. 1996). Im Vergleich mit *S. obtusifolia*-Samenproben aus Indien liegt der Tanningehalt in Nordwestnigeria mit 1,7% fast dreimal so hoch (Abschnitt 3.6.1, VADIVEL & JANARDHANAN 2002), aber immer noch unter denen in Samen von *Vicia faba* mit 2,1-4,5% (MARQUARD 1998). Tannine, wasserlösliche Phenolverbindungen, können z.B. durch die Zugabe von Harnstoff inaktiviert werden (KUMAR 1992).

Die Tabelle 5.18 zeigt abschließend im Vergleich die Gehalte an Rohnährstoffen sowie die *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz von *S. obtusifolia* in Mali und *Z. glochidiata* im Zamfara-Weidegebiet in der Regen- und in der Trockenzeit.

---

<sup>39</sup> WEIBBACH (1993)

Tab. 5.18 Rohnährstoffe und Verdaulichkeit von Blatt- und Sprossmaterial von *Senna obtusifolia* (Mopti-Region, Mali; EL HADJ *et al.* 2005) und *Zornia glochidiata* (Zamfara, Nigeria; SCHÄFER & NASTIS pers. Mitteil. 1996) zu unterschiedlichen Jahreszeiten

Pflanzenart	Probe	XP <sup>1</sup>	NDF <sup>2</sup>	IVDOM <sup>3</sup>
<i>Senna obtusifolia</i>	August	22,0	n.e. <sup>4</sup>	n.e.
	Oktober	10,0	56,0	52,0
	$\bar{x}$	16,0	-	-
<i>Zornia glochidiata</i>	Juli	16,2	69,2	80,4
	August	13,3	64,9	71,3
	$\bar{x}_{RZ}$ <sup>5</sup>	14,8	67,1	75,9
	September	15,9	69,3	66,0
	Oktober	15,0	64,5	50,6
	$\bar{x}_{bTZ}$ <sup>6</sup>	15,5	66,9	58,3
	November	8,9	66,6	46,8
	Dezember	6,9	70,7	48,4
	$\bar{x}_{TZ}$ <sup>7</sup>	7,9	68,7	47,6
	$\bar{x}_{ges}$	12,7	67,5	60,6

<sup>1</sup> Rohprotein, <sup>2</sup> Neutraldetergens-Faser, <sup>3</sup> *in vitro* Verdaulichkeit d. OS; <sup>1-3</sup> [% i. TS]; <sup>4</sup> nicht ermittelt;

<sup>5</sup> Regenzeit, <sup>6</sup> beginnende Trockenzeit, <sup>7</sup> Trockenzeit

Die Gründe, warum *S. obtusifolia* eine derartige Qualität und Konstanz in dieser zeigen, können wie folgt benannt werden: *Senna obtusifolia* bleibt nach Ausbleiben der Regenfälle länger grün als Gräser. Bei der Futtermittelanalyse wurden lediglich die Blätter untersucht, was den Nährstoffgehalt und die Verdaulichkeit positiv beeinflusst. Physiologische Vorgänge wie ein hohes Wasserpotential in den Blättern, effektivere Schließvorgänge der Stomata und Reduktion der Transpiration durch Blattfaltung bei hoher Sonneneinstrahlung, ein hohes Turgorpotential sowie eine hohe Saugspannung im Wurzel-Blatt-Kontinuum zeigen, dass Trockenheitsstress<sup>40</sup> von *S. obtusifolia* besser bewältigt wird als von *Gramineae* wie z.B. *D. aegyptium* (MOHR & SCHOPFER 1992, NASTIS 1994, NOITSAKIS & NASTIS 1998). Morphologische Schutzmechanismen wie eine dickere Blattkutikula und eine tief reichende Pfahlwurzel versetzen *S. obtusifolia* zusätzlich in Vorteil, insbesondere bei der Aufnahme von Wasser. Die symbiotische Verbindung mit bestimmten Pilzen zu einer Mykorrhiza ermöglicht es den Pflanzenwurzeln letztendlich mehr Nährstoffe (u.a. Phosphor) aufzunehmen.

Die Inhaltsstoffanalyse prädestiniert *S. obtusifolia* geradezu als Weidefutter. Dennoch wird die wachsende Pflanze vom Weidevieh gemieden. Die Gründe dafür sind in der Geruchs- und Palatabilitätsbeeinträchtigung (Antixenosis, *cf.* TSCHARNTKE 1991) zu vermuten. Ansätze

<sup>40</sup> *cf.* MANSFIELD & ATKINSON (1990)

*S. obtusifolia*-Pflanzen bzw. -Blätter in Westafrika als Silage zur Überbrückung von Futtermangel in der Trockenzeit zu nutzen, liegen mit den Veröffentlichungen von BARTHA (1970) und EL HADJ *et al.* (2005) vor.

#### 5.4 Zusammenfassende Schlussfolgerung

- Die hohe Keimrate (48%) von *S. obtusifolia* weist auf das gesteigerte Vermehrungspotential dieser Pflanze hin, die folglich unter bestimmten Bedingungen (hoher Weidedruck, lückige Vegetation) als Weideunkraut an Bedeutung zunimmt.
- Die geschätzte Samenproduktion, der Bodensamenvorrat, die Keimaktivität und die Pflanzendichte von *S. obtusifolia* ergeben für die offene, geschützte und kultivierte Savanne ein hohes, mäßiges und geringes Unkrautrisiko für den jeweiligen Weideökotyp.
- Die Reduktion der *S. obtusifolia*-Population einschließlich Keimpflanzen im Verlauf der Vegetationszeit (Mittel 1995/96) beträgt 79, 34 und 77% in der offenen, geschützten und kultivierten Savanne. Im Fall der offenen Savanne wird dies auf intraspezifische und in der geschützten und kultivierten Savanne auf interspezifische Konkurrenz sowie allgemein auf temporären Trockenstress zurückgeführt.
- Die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* ist in den eingezäunten Weideökotypen höher als in der offenen Savanne. Vermutlich liegt hier ein weiterer Hinweis auf intra- bzw. inter-spezifische Konkurrenz vor (*cf.* Kapitel 6).
- Trotz einer positiven Futterqualität wird *S. obtusifolia* während der Vegetationszeit vom Weidevieh gemieden. Die Pflanzen stellen somit im Sinne der Weidewirtschaft während der Vegetationszeit Platzräuber und Konkurrenten um Nährstoffe und Wasser gegenüber den erwünschten Futterpflanzen dar.
- Umfassende Kenntnisse der Ökologie von *S. obtusifolia* in der Krautschicht (Kapitel 6) und die Ausarbeitung geeigneter Kontrollmaßnahmen (Kapitel 7) sind somit Voraussetzung für eine nachhaltige Weideführung und Verbesserung der Futtersituation in der Sudansavanne.

## 6 Eigene Untersuchungen ausgewählter ökologischer Aspekte

### 6.1 Ziele

Die Untersuchungen ausgewählter ökologischer Faktoren (Synökologie, cf. WEST 1988) wurden mit folgenden Zielen durchgeführt:

- Charakterisierung der Boden- und Vegetationsmerkmale der Krautschicht in Flächen mit hoher bzw. spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte zur Feststellung möglicher pedologischer Ursachen und pflanzensoziologischen Auswirkungen der Verunkrautung,
- Schätzung der Bodendeckung von *S. obtusifolia* als Hilfsmittel zur Quantifizierung des Verunkrautungsgrads.

### 6.2 Material und Methoden

#### 6.2.1 Untersuchungen in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte

##### 6.2.1.1 Bodenmerkmale

Die Bodenproben wurden im August 1996 aus dem Oberboden (0-15 cm) entnommen und analysiert. Es wurden jeweils 5 Proben à 200 g aus Vegetationsflächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte und aus Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte (definiert in Abschnitt 6.2.1.2) entnommen und zu einer Mischprobe vereint. Die Proben wurden außerhalb der Versuchsflächen gezogen (Abb. A5.1 und A6). Die physikalischen und chemischen Bodenmerkmale wurden nach STEUBING & FANGMEIER (1992) im Feld bestimmt. Es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Fingerprobe zur Bestimmung der Bodenart,
- Trennung von Bodenskelett und Feinerde (trockene Siebung mit 2 mm Maschenweite),
- minimale Wasserkapazität gestörter Bodenproben (aus der Mischprobe: n = 3),
- pH-Wert-Bestimmung mit Hellige-pH-Meter (aus der Mischprobe: n = 3).

Aus denselben Bodenproben wurde ein Teil zur Bestimmung des Sand : Lehm : Ton-Gehalts im Labor verwendet. Ein Teil der Bodenmischproben aus dem Untersuchungsgebiet wurde im Labor auf den pH-Wert untersucht. Dabei wurde der pH-Wert mit einem elektrischen pH-Messgerät ermittelt. Weiterhin wurden der C<sub>org</sub>-, der N<sub>ges</sub>- und die Kationenaustauschkapazität (KAK) sowie der Mineralstoffgehalt bestimmt. Die Methoden der Bestimmung dieser Parameter sind bei IBRAHIM (1998: 42) detailliert beschrieben.

Die statistische Auswertung erfolgte für den Parameter minimale Wasserkapazität ( $n = 3$ ) mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse in Abhängigkeit von der *S. obtusifolia*-Dichte und dem Weideökotyp (MARINELL 1998: 30). Für den Parameter pH-Wert ( $n = 3$ ) waren die Voraussetzungen für eine Varianzanalyse (Normalverteilung) nicht erfüllt. Deshalb wurde auf nichtparametrische Tests (HARTUNG *et al.* 1989: 139ff.), in diesem Fall auf den Median-Test, zurückgegriffen. Mittels Berechnung des Spearman-Rho Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) wurde geprüft, ob eine Beziehung zwischen Wasserhaltefähigkeit des Bodens und dem pH-Wert bestand.

Für sämtliche übrigen physikalischen und chemischen Bodenmerkmale wurde eine Varianzanalyse ohne Berechnung der Wechselwirkungen (Fallzahl zu gering) verwendet (BRANDT 1999: 394ff., 401). Lediglich für die Gehalte an Kalium im Boden wurden in allen Weideökotypen jeweils gleiche Werte bestimmt. Deshalb wurden die Einzelmittelwerte durch die Gruppenmittelwerte genau reproduziert, so dass sich die Quadratsumme von Null ergab. Der *t*-Test für unabhängige Stichproben für den Kaliumgehalt in Abhängigkeit von der *S. obtusifolia*-Dichte resultierte ebenfalls bei der Berechnung der Mittelwertdifferenz mit Null. Abschließend wurde mittels Korrelation nach Pearson (MARTENS 2003: 185ff.) die Verunkrautung im August zu den Bodenmerkmalen in Beziehung gesetzt (da diese ebenfalls im August gezogen wurden). Es wurde bei dieser Berechnung über alle Weideökotypen gemittelt. Ein Test auf Normalverteilung konnte hier wegen zu geringer Fallzahl nicht durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Bodenanalyse wurden mit Daten von IBRAHIM (1998) verglichen und ggf. durch weitere Angaben aus seiner Arbeit ergänzt. Diese stammen aus Böden unter *S. obtusifolia*-Beständen (ohne Angabe der Dichte) mit einer Tiefe von 0-15 cm ( $n = 3$ ).

#### 6.2.1.2 Zusammensetzung der Krautschicht

Die Erfassung der Arten der Krautschicht außerhalb der Parzellen erfolgte im Juni, August und Oktober 1996 unter dem Aspekt der *S. obtusifolia*-Pflanzendichte, um eine Aussage zum Konkurrenzverhalten von *S. obtusifolia*, ohne den Einfluss von Kontrollmethoden, treffen zu können. Auf einer Fläche von 1 ha (*cf.* Abb. A5.1 und A6) wurden  $n = 5$  Quadrate (Seitenlänge 50 cm) in einer Vegetation ausgezählt, die durch eine hohe *S. obtusifolia*-Dichte charakterisiert war. Dabei wurden in der offenen Savanne dichte Ansammlungen von *S. obtusifolia* mit mehr als 30 Pflanzen und in der geschützten bzw. der kultivierten Savanne Vegetationsabschnitte mit über 10 *S. obtusifolia*-Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  im Juni ausgewählt. In denselben Weideökotypen wurden weitere  $n = 5$  Quadrate in einer Vegetation mit spärlicher *S. obtu-*

*sifolia*-Dichte ausgezählt. Die *S. obtusifolia*-Dichte lag in der offenen Savanne unter 30 Pflanzen und in der geschützten sowie kultivierten Savanne unter 10 Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup>. Die Quadrate wurden markiert und in den Folgemonaten in gleicher Weise ausgezählt. Falls nicht anders vermerkt, bezieht sich die Anzahl der Pflanzen der Krautschicht einschließlich *S. obtusifolia* auf 0,25 m<sup>2</sup>. Die Erfassung der Arten erfolgte in der regionalen Sprache der Hausa. Anhand einer Sammlung von Pflanzen mit Hausa- und botanischen Namen aus dem Forschungsgebiet (BIELFELDT 1993b-c) wurden die gefundenen Arten bestimmt und mit einem Herbarium (ELSHOLZ pers. Mitteil. 1996) verglichen. In jedem Quadrat wurden die Gräser- und Kräuterarten nach der Methode von Braun Blanquet (MÜHLENBERG 1993) identifiziert und ausgezählt. Von den einzelnen Arten wurde die Wuchshöhe erfasst. Schließlich wurde der Anteil der gesamten Krautschicht an der Bodendeckung visuell nach der Methode von Daubenmire geschätzt (COOK & STUBBENDIECK 1986). In Tabelle 6.1 sind die Schätzungs-klassen, deren Schwankungsbreite mit den dazugehörigen Mittelwerten, dargestellt.

Tab. 6.1 Schätzungsklassen der Bodenbedeckung nach Daubenmire [%]

Klasse	1	2	3	4	5	6
Schwankungsbreite	0-5	5-25	25-50	50-75	75-95	95-100
$\bar{x}$	2,5	15,0	37,5	62,5	85,0	97,5

Die Daten der Verunkrautung mit *S. obtusifolia* wurden nach Monaten getrennt statistisch ausgewertet. Für den Monat August ergab der Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität (Levene-Test, cf. BÜHL & ZÖFEL 2005: 232) zulässige Werte, so dass dieser Monat mittels SPSS-Varianzanalyse ausgewertet werden konnte (MARTENS 2003: 159ff.). Die übrigen beiden Zeitpunkte wurden mit dem SAS-Modell „mixed“ analysiert (cf. Abschnitt 5.2.3.1). Der F-Test für inhomogene Varianzen (HOCHBERG & TAMHANE 1987: 204) lieferte für den Monat Juni ausreichende Ergebnisse, während für die Oktober-Daten ein ANOVA-F-Test verwendet wurde.

Für die statistische Auswertung der Ergebnisse der Vegetationsuntersuchung, in Flächen mit hoher bzw. spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte, wurden die Daten nach Weideökotyp und Monat aufgeteilt. Die Artenzahl der Krautschicht, die Gesamtzahl der Pflanzen sowie die Gräser und Kräuter wurden mit dem  $\chi^2$ -Test für den jeweiligen Verunkrautungsgrad mit *S. obtusifolia* verglichen. Die einzelnen Arten der Krautschicht (Gräser, Kräuter und *S. obtusifolia*) wurden mittels Binomial-Test nach den gleichen Aufteilungsprinzipien untersucht (BÜHL & ZÖFEL 2005: 317).



Der Vergleich der Mittelwerte über beide Verunkrautungsstufen folgender Faktoren: Bodenbedeckungsgrad (Krautschicht mit *S. obtusifolia*), Gesamtartenzahl, Gräser-, Kräuterarten, Krautschicht (Individuen, gesamt), Gräser- und Kräuteranzahl sowie der *S. obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit vom Weideökotyp erfolgte mittels Mehrfachvergleichen (BÜHL & ZÖFEL 2005: 401). Bei Abweichung von der Normalverteilung wurde der Median-Test angewendet.

Der Zusammenhang zwischen *S. obtusifolia* und den einzelnen Gräser- oder Kräuterarten wurde anhand nichtparametrischer Korrelationen ( $\rho_s$ ; MARTENS 2003: 191) bestimmt. Aufgrund zu geringer Fallzahlen wurde zunächst nach Monaten unterschieden, da das Auftreten der einzelnen Arten im Beobachtungszeitraum stark schwankte. Danach wurde nach Weideökotypen getrennt getestet, da einige Arten nur in einem der drei Ökotypen vorkamen. Abschließend wurde eine Kovarianzanalyse (HARTUNG & ELPELT 1995: 667ff., ZWERENZ 2001: 209ff., BÜHL & ZÖFEL 2005: 412ff.), getrennt nach Verunkrautung, vorgenommen. Variablen wie die Gesamtanzahl der Gräser und Kräuter, in Abhängigkeit vom Weideökotyp, wurden in diese Untersuchung einbezogen. Die Normalverteilung konnte nach der Berechnung des Logarithmus ( $\ln$ ) für hoch verunkrautete Flächen hergestellt werden. Für gering verunkrautete Flächen wurde diese nach der Beseitigung der Ausreißer (nach der Methode von Winsor in drei Fällen) erreicht (SACHS 1999: 365ff.).

Die Wuchshöhe der Krautschicht im Vergleich zu *S. obtusifolia* in Flächen mit hoher bzw. spärlicher Verunkrautung, wurde mittels  $t$ -Test für gepaarte Stichproben verglichen (MARTENS 2003: 153ff.). Für die geschützte Savanne bei spärlicher Verunkrautung wurde zusätzlich der Vorzeichentest verwendet (BÜHL & ZÖFEL 2005: 302ff.). Ein Vergleich der Mittelwerte der Wuchshöhen zwischen den Verunkrautungsstufen wurde mit dem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Da die Voraussetzungen nicht gegeben waren, wurde mit nichtparametrischen Tests: Median- bzw. Kruskal-Wallis-Test (BROSIOUS 2002: 823ff.) weiter gerechnet. Abschließend wurde der Spearman-Rho-Korrelationskoeffizient ( $\rho_s$ ) der Wuchshöhe von *S. obtusifolia* im Vergleich mit der Höhe der Krautschicht berechnet. Dabei wurde über alle Ökotypen gemittelt, da sonst die Fallzahlen für diese Berechnung zu gering gewesen wären.

Der Bodenbedeckungsgrad der Krautschicht (einschließlich *S. obtusifolia*) wurde in der offenen Savanne für Juni und August mit dem Median-Test ausgewertet. In der geschützten Savanne wurde für diese Monate der  $t$ -Test für unabhängige Stichproben und in der kultivierten Savanne der Einstichproben  $t$ -Test angewendet (SACHS 1988: 112ff.). Der Monat Oktober wurde über Kreuztabellen ( $\chi^2$ -Test) nach dem exakten Test von Fisher verglichen. Die Mit-

telwerte der Weideökotypen und der Gesamtmittelwert zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen wurden mit dem Median-Test verglichen.

### 6.2.2 *Senna obtusifolia*-Bedeckungsgrad

Über den Zeitraum von einer Vegetationszeit wurden die Entwicklung und Veränderungen der Pflanzendichte von *S. obtusifolia* erfasst. Dazu wurde eine Transekte von 19 m mit  $n = 20$  Wiederholungen angelegt. Im Abstand von je 50 cm wurde eine Messung vorgenommen. Die Auswahl der Transekten erfolgte zufällig vom Nordost-Pfosten der Parzelle der Biologiestudie in nördliche Richtung. Aus topographischen Gründen wurde in der kultivierten Savanne die 3. Wiederholung des Hauptversuchs (1994) mit den gleichen Kriterien ausgewählt (cf. Abb. A5.1-A5.2). Von Juni bis Oktober (1996) wurde monatlich der prozentuale Anteil *S. obtusifolia* ermittelt, der den Boden innerhalb des Quadrats ( $0,25 \text{ m}^2$ ) bedeckte. Die Schätzung erfolgte nach der Methode von Daubenmire (cf. Abschnitt 6.2.1.2). Zur statistischen Auswertung wurde die Rangvarianzanalyse nach Akritas; Arnold & Brunner, mit anschließendem ANOVA-F-Test unter Verwendung der SAS Prozedur „mixed“, genutzt (cf. Abschnitt 5.2.3.1; HOLLENHORST pers. Mitteil. 2003).

## 6.3 Ergebnisse und Diskussion

### 6.3.1 Untersuchungen in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte

#### 6.3.1.1 Bodenmerkmale

Allgemein herrschen Sandböden (Tongehalt  $< 5\%$ ) vor. Vereinzelt treten lehmige Sande (Tongehalt 5-10%) mit grober Textur auf (cf. BLUME *et al.* 2002). Über die Ergebnisse der physikalischen Eigenschaften der Bodenproben einschließlich der Bestimmung des pH-Werts im Feld lässt sich zusammengefasst folgendes sagen: Hohe Anteile an Sand bzw. Feinerde sind für die Böden der drei Weideökotypen charakteristisch. Sie liegen bei 91 bzw. 85%. Böden mit hohem *S. obtusifolia*-Bewuchs. Im Vergleich dazu ergibt sich für Flächen mit spärlichem *S. obtusifolia*-Bewuchs ein mittlerer Anteil an Sand von 87% und Feinerde von 82%. Bei den Parametern Sand, Feinerdeanteil (und Bodenskelett) stellte sich keine Signifikanz hinsichtlich des Einflusses der Verunkrautung ein (Tab. A6.1). In der geschützten Savanne wurde der höchste Sandgehalt mit 94 bzw. 92 % ermittelt. Die Präferenz von *S. obtusifolia* für sandige Böden mag ein Grund dafür sein (cf. BARTHA 1970). Die Schluff- und Tongehalte dieser Böden sind mit 6 bzw. 5% im Mittel generell niedrig; ohne einen signifikanten Einfluss des Weideökotyps bzw. der *S. obtusifolia*-Dichte (cf. Tab. A6.1). Die Schluff- und Tonanteile

liegen etwas unter den Werten von SINGH *et al.* (1993) und IBRAHIM (1998), die diese mit 7-8 bzw. 6-9% angeben.

In Tabelle 6.2 sind die Ergebnisse der physikalischen Beschaffenheit und der pH-Wert der Böden in den drei Weideökotypen in Flächen mit hohem und spärlichem Verunkrautungsgrad mit *S. obtusifolia* dargestellt.

Tab. 6.2 Physikalische Eigenschaften von Bodenmischproben [%] und pH-Werte in drei Weideökotypen unter Berücksichtigung der *Senna obtusifolia*-Dichte im Feld (1996)

WÖT	<i>S. obt.</i> - Dichte	BS <sup>1</sup>	FE <sup>2</sup>	Sand	Schluff	Ton	WK <sub>min</sub> <sup>3,4</sup>	pH-Wert (Feld) <sup>4</sup>
OS	hoch	9,6	90,4	88,4	6,5	5,1	24,5	5,8
OS	spärlich	16,4	83,6	84,7	9,4	5,9	22,5	5,0
GS	hoch	19,9	80,1	94,3	2,2	3,5	20,6	4,8
GS	spärlich	19,9	80,1	92,3	2,0	5,7	23,5	5,0
KS	hoch	14,1	85,9	90,8	5,7	3,5	26,8	5,2
KS	spärlich	17,7	82,3	84,7	11,6	3,7	25,8	5,0
$\bar{x}_{\text{hoch}}$		14,5	85,5	91,2	4,8	4,0	23,9	5,3
$\bar{x}_{\text{spärlich}}$		18,0	82,0	87,2	7,7	5,1	23,9	5,0
$\bar{x}_{\text{ges}}$		16,3	83,7	89,2	6,2	4,6	23,9	5,1
IBRAHIM (1998: 47)		n.e. <sup>5</sup>	n.e.	83,0	7,0	10,0	n.e.	n.e.

<sup>1</sup> Bodenskelett, <sup>2</sup> Feinerdeanteil, <sup>3</sup> minimale Wasserkapazität, <sup>4</sup> n = 3; <sup>5</sup> nicht ermittelt

Die sandige Textur der Böden im nördlichen Zamfara-Gebiet ist durch das Ausgangsmaterial, nämlich Granit und Gneis, im Verwitterungsprozess bedingt und beeinflusst mehrere Vorgänge an der Bodenoberfläche. Die Tonfraktion besteht hauptsächlich aus Kaolinit, einem grob- bis mittelkörnigen Zweischicht-Tonmineral, das nur begrenzt quell- und sorptionsfähig ist (KUNTZE *et al.* 1994). Darum ist die Wasserhaltefähigkeit und die Kationenaustauschkapazität dieser Böden begrenzt. Des Weiteren lässt die grobe Bodenstruktur auf Hindernisse bei der Durchwurzelung schließen (ENWEZOR *et al.* 1990 zit. in IBRAHIM 1998).

Erwartungsgemäß ist die Wasserhaltefähigkeit mit 24% im Mittel aller Weideökotypen und unabhängig vom Verunkrautungsgrad gering. Nach Auswertung der Varianzanalyse ergaben sich weder signifikante Unterschiede zwischen den Weideökotypen noch zwischen Flächen mit hohem bzw. niedrigem Verunkrautungsgrad (*cf.* Tab. A6.1 und A6.3). Der hohe Sandgehalt, verbunden mit einem niedrigen Tonanteil und die daraus resultierende grobe Boden-

textur, gekoppelt mit einer geringen Aggregationsfähigkeit, sind Gründe für die niedrige Wasserhaltefähigkeit der Savannenböden.

Die im Feld ermittelten pH-Werte liegen mit 5,5 alle im schwach sauren Bereich. Die Unterschiede zwischen Flächen mit hohem und niedrigem *S. obtusifolia*-Besatz sind nach dem Median-Test nicht signifikant (Tab. A6.4).

Es konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der Wasserhaltefähigkeit des Bodens und dem pH-Wert ( $\rho_s = 0,454$ ) ermittelt werden (cf. Tab. A6.5). Das bedeutet, dass bei steigender Wasserkapazität die Bodenreaktion in den neutralen Bereich übergeht. Allerdings sind die Einflüsse von Weideökotyp und Verunkrautungsgrad auf beide Parameter nicht signifikant. Da die Bodenreaktion an die Niederschläge gebunden ist, gibt es im Bereich des Zamfara-Weidegebiets weniger saure, und damit weniger ausgewaschene Böden. Folglich spielt hier die für das Pflanzenwachstum restriktive Aluminium/Mangan-Toxizität keine Rolle (FITZPATRICK 1986, LANDON 1991).

Die Boden- oder Lagerungsdichte ist ein zusätzliches physikalisches Merkmal der Böden. Sie wird unter *S. obtusifolia*-Beständen im nördlichen Zamfara-Weidegebiet bei einer Bodentiefe von 0-15 cm mit  $1,51 \text{ g cm}^{-3}$  angegeben und als relativ hoch eingeschätzt (IBRAHIM 1998). Hoher Sandgehalt und niedriger Anteil an organischem Kohlenstoff sowie Verdichtung durch Viehtritt werden dafür verantwortlich gemacht. Dieser Wert ist typisch für Savannenböden und eine weitere Ursache für die geringe Wasserhaltefähigkeit dieser Böden.

Die physikalische Beschaffenheit der Savannenböden lässt auf eine geringe Bodenfruchtbarkeit und eine hohe Erosionsanfälligkeit schließen. Das Risiko einer landwirtschaftlichen Nutzung liegt damit auf der Hand (ODUNZE *et al.* 1996 zit. in IBRAHIM 1998). Im Fall einer Bewirtschaftung dieser Flächen als Nutztierweide sollte auf eine möglichst schonende Beweidung geachtet werden. Eine geschlossene Pflanzendecke wirkt der Erosion während der Regenzeit entgegen. *Senna obtusifolia*-Bestände, die den Boden vor Erosionsprozessen schützt, sollten durch Futterpflanzen ersetzt werden.

In Tabelle 6.3 werden die chemischen Analysedaten der Bodenproben in den drei Weideökotypen dargestellt. Dabei wurde nach Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad mit *S. obtusifolia* in den jeweiligen Ökotypen getrennt.

Tab. 6.3 Chemische Eigenschaften von Bodenmischproben in drei Weideökotypen unter Berücksichtigung der *Senna obtusifolia*-Dichte im Labor (1996)

WÖT	<i>S. obt.</i> - Dichte	pH-Wert (H <sub>2</sub> O)	C <sub>org</sub> <sup>1</sup>	N <sub>ges</sub> <sup>2</sup>	KAK <sup>3</sup>	Ca <sup>4</sup>	Mg <sup>5</sup>	K <sup>6</sup>
OS	hoch	6,4	4,0	0,1	6,1	4,5	1,3	0,3
OS	spärlich	7,2	3,5	0,1	5,3	4,0	1,0	0,3
GS	hoch	5,6	3,7	0,6	4,8	3,0	1,4	0,4
GS	spärlich	6,1	2,9	0,1	6,1	4,5	1,2	0,4
KS	hoch	6,7	4,2	0,1	6,2	4,5	1,4	0,3
KS	spärlich	7,1	3,5	0,1	5,0	3,5	1,2	0,3
$\bar{x}$ hoch		6,2 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>	0,3	5,7	4,0	1,4 <sup>b</sup>	0,3
$\bar{x}$ spärlich		6,8 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	0,1	5,5	4,0	1,1 <sup>a</sup>	0,3
$\bar{x}$ ges		6,5	3,6	0,2	5,6	4,0	1,2	0,3
IBRAHIM (1998: 53)		6,5	5,8	0,6	5,3	3,2	1,6	0,8

<sup>1</sup> organischer Kohlenstoff, <sup>2</sup> Gesamtstickstoff, <sup>1-2</sup> [mg g<sup>-1</sup>], <sup>3-6</sup> Kationenaustauschkapazität, CaO, MgO, K austauschbar [cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>]; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Spalte** unterscheiden sich signifikant voneinander

Die chemische Beschaffenheit der Böden in den ausgewiesenen Ökotypen, auf der Grundlage der Laboruntersuchungen, kann als nährstoffarm bezeichnet werden. Die Analyse der Böden in unterschiedlichen Weideökotypen ergab im Mittel niedrige Gehalte an organischem Kohlen- (3,6 mg g<sup>-1</sup>) und Stickstoff (0,2 mg g<sup>-1</sup>) sowie an verfügbaren Makroelementen (KAK 5,6 cmol kg<sup>-1</sup>). Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ist in dicht bestandenen Flächen der offenen und der kultivierten Savanne signifikant höher als im Vergleich zur geschützten Savanne (*cf.* Tab. A6.2). Die KAK in der offenen und der kultivierten Savanne ist zwar in Böden mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte etwas höher, es ergab sich jedoch keine Signifikanz. Die Labor-pH-Werte liegen im schwach sauren Bereich. Der Einfluss von Weideökotyp und Verunkrautung ist signifikant, d.h. in hoch verunkrauteten Flächen ist der pH-Wert (H<sub>2</sub>O) niedriger. Da die Ergebnisse der pH-Wertbestimmung im Feld nicht signifikant (Tab. A6.2) waren, bleibt ein Vergleich mit diesen Daten nur hypothetisch. Die Ergebnisse für die Merkmale pH-Wert (H<sub>2</sub>O) und KAK stimmen mit den von IBRAHIM (1998) ermittelten Daten im Wesentlichen überein. Eine deutliche Abweichung findet sich dagegen bei den Gehalten an Kohlenstoff und Stickstoff sowie bei der Verteilung der Makroelemente (Ca, Mg, K). Statistisch konnten nur für den Gehalt an Magnesium in Abhängigkeit von der *S. obtusifolia*-Dichte Unterschiede nachgewiesen werden, nämlich ein höherer Gehalt an Mg in den stark verunkrauteten Flächen aller Weideökotypen (Tab. A6.2).

Der geringe Kohlenstoffanteil lässt sich mit der relativ spärlichen Biomasse der Vegetation und rapiden Umwandlungsprozessen (Humifizierung) erklären. Als weiterer Grund kämen saisonale Buschfeuer in Betracht. Der niedrige Stickstoffgehalt der Böden ist Ausdruck des raschen Verbrauchs der anfallenden Stickstoffmengen durch Pflanzen bzw. durch Herbivorie, einschließlich Mikroorganismen, die einen direkten Eintrag des Blattstickstoffs in den Boden verhindern bzw. verringern. Es wird argumentiert, dass die Phytomassequalität über den Stickstoffgehalt im Boden entscheidet. Für *Caesalpinioideae*-Holzwächse wie *Tamarindus indica* und *Piliostigma reticulatum* ist dies nachgewiesen. Die Böden enthielten in 0-15 cm Tiefe jeweils 1,4 bzw. 1,0 mg g<sup>-1</sup> Stickstoff. Für *S. obtusifolia* hingegen konnte (trotz offensichtlich hoher Biomasse mit 140 g 0,25 m<sup>-2</sup>, davon 120 g *S. obtusifolia*) nur ein mittlerer N-Gehalt von 0,6 mg g<sup>-1</sup> im Oberboden konstatiert werden (ELSHOLZ 1996b, IBRAHIM 1998). Demnach ist *S. obtusifolia* in einem geringeren Umfang für die N-Zufuhr im Boden verantwortlich, als z.B. *T. indica* (IBRAHIM 1998). Dafür spricht auch der geringe Unterschied zwischen hoch und spärlich mit *S. obtusifolia* verunkrauteten Flächen. Das C/N-Verhältnis liegt im Mittel bei 18 (hohe *S. obtusifolia*-Dichte mit 13, spärlich mit 33) und ist somit als hoch einzuschätzen, was sich negativ auf die Bodenfruchtbarkeit auswirkt. Es wirkt sich u.a. nachteilig auf die Zersetzungsrate des Bodensubstrats aus und fördert die Festlegung von N-Verbindungen (HAYNES 1986). IBRAHIM (1998) gibt das C/N-Verhältnis mit 9,6 unter *S. obtusifolia*-Beständen im Oberboden (0-15 cm) Nordzambaras an, was für die biologische Aktivität sowie das Mineralisationspotential der Böden positiv bewertet wird (SAUER 1996, BLUME *et al.* 2002).

In der nördlichen Zone des Zamfara-Weidegebiets wurde von IBRAHIM (1998) der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor ermittelt. Dieser liegt mit 11,2 mg P kg<sup>-1</sup> (0-15 cm Bodentiefe) eher im niedrigen Bereich.

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) der Böden ist mit 5,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> gering, welche durch den hohen Kaolinitanteil bedingt (LANDON 1991) und typisch für Savannenböden ist (1-6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; cf. IBRAHIM 1998). Kalzium nimmt im Mittel 71% an der KAK ein und ist somit der dominierende Bestandteil im Mineralhaushalt der Savannenböden (AGBENIN 1995). Es besteht selten ein Mangel an Kalzium und Magnesium in diesen Böden (IBRAHIM 1998).

Die Berechnung der Korrelation (r) zwischen *S. obtusifolia*-Dichte und den einzelnen Bodencharakteristika ergab keine signifikanten Beziehungen (Tab. A6.6). Es kann also nicht von pedologischen Vor- oder Nachteilen der oberen Bodenschicht in hoch bzw. spärlich verun-

krauteten Flächen während der Hauptphase der Niederschläge (August) ausgegangen werden. Dennoch waren Schluffanteil, Wasserbindung, pH-Wert ( $H_2O$ ) sowie der Gehalt an organischem Kohlenstoff in sämtlichen Fällen hoch negativ mit der *S. obtusifolia*-Anzahl ( $0,25\text{ m}^2$ ) korreliert. Bei den Gehalten an Kalzium und Kalium stellten sich stets hohe positive Korrelationen ein. Die Kationenaustauschkapazität bildet die einzige Ausnahme, mit jeweils hohen Korrelationskoeffizienten, aber in den dicht mit *S. obtusifolia* bestandenen Flächen mit einem negativen Vorzeichen und in den spärlich verunkrauteten Flächen mit einem positiven. Der Tonanteil in gering mit *S. obtusifolia* bestandenen Flächen weist mit  $r = 0,985$  den höchsten Wert auf – verfehlte jedoch ebenfalls die Signifikanz. Interessant ist auch der negative Zusammenhang zwischen Wasserbindung und *S. obtusifolia*-Anzahl, was bedeuten würde, dass auf trockeneren Böden mehr *S. obtusifolia*-Pflanzen stehen bzw. immer noch gute Bedingungen für diese Art vorhanden sind. Dies könnte als Hinweis für die ausgesprochen gute Anpassung von *S. obtusifolia* an grobtexturierte Böden in semi-ariden Klimaten gewertet werden.

Trotz der relativ geringen Nährstoffversorgung und mäßigen Bodenfruchtbarkeit wächst und verbreitet sich *S. obtusifolia* erfolgreich. Die Pflanzen bilden vor allem in der offenen Savanne dichte zusammenhängende Bestände. Die Erklärung für dieses Phänomen ist noch nicht erbracht. Es wurden bisher günstige Bodenwasserverhältnisse vermutet, da *S. obtusifolia* sich verstärkt in Reliefdepressionen ansiedelt. Dieser Zusammenhang scheint nicht der ausschlaggebende zu sein. Es sind aber auch Wechselbeziehungen wie Beweidung und Weidevieh anzunehmen, z.B. selektive Futterauswahl, Rastplätze und die Aufnahme und Weiterverbreitung von *S. obtusifolia*-Samen während der Trockenzeit durch Ziegen und Schafe. Im folgenden Abschnitt soll auf die Pflanzenarten und die Zusammensetzung der Krautschicht im Vergleich zu *S. obtusifolia* eingegangen werden.

#### 6.3.1.2 Zusammensetzung der Krautschicht

Die Zusammensetzung und Bodenbedeckung der Krautschicht haben einen Einfluss auf das Vorkommen und das Verbreitungspotential von *S. obtusifolia*. Dabei spielen die Artenzahl und das Artenspektrum (Biodiversität) einerseits, und die Gesamtzahl der Individuen im Zusammenhang mit der Bodenbedeckung andererseits, eine wesentliche Rolle.

Tabelle 6.4 gibt zunächst den Grad der Verunkrautung der einzelnen Weideökotypen außerhalb der Versuchsflächen mit *S. obtusifolia* wieder.

Tab. 6.4 Mittlere Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	46,4 <sup>b</sup>	20,2 <sup>a</sup>	33,3
	August	21,6 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	12,0
	Oktober	17,2 <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup>	8,7
	$\bar{x}$	<b>28,4<sup>b</sup></b>	<b>7,6<sup>a</sup></b>	18,0
GS	Juni	36,6 <sup>b</sup>	3,4 <sup>a</sup>	20,0
	August	26,0 <sup>b</sup>	2,6 <sup>a</sup>	14,3
	Oktober	6,6 <sup>b</sup>	0,4 <sup>a</sup>	3,5
	$\bar{x}$	<b>23,1<sup>b</sup></b>	<b>2,1<sup>a</sup></b>	12,6
KS	Juni	24,6 <sup>b</sup>	0,6 <sup>a</sup>	12,6
	August	10,4 <sup>b</sup>	0,6 <sup>a</sup>	5,5
	Oktober	6,2 <sup>b</sup>	0,4 <sup>a</sup>	3,3
	$\bar{x}$	<b>13,7<sup>b</sup></b>	<b>0,5<sup>a</sup></b>	7,1
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	21,73 <sup>b</sup> $\pm$ 4,29	3,40 <sup>a</sup> $\pm$ 2,15	12,56 $\pm$ 3,15

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Bei den Ergebnissen fällt die hohe *S. obtusifolia*-Dichte in der geschützten ( $\bar{x}$  = 23 Pflanzen 0,25 m<sup>-2</sup>) und der kultivierten Savanne ( $\bar{x}$  = 14 Pflanzen 0,25 m<sup>-2</sup>) in hoch verunkrauteten Flächen auf. Solche Werte wurden weder in der Studie zum Entwicklungsverlauf von *S. obtusifolia* (Abschnitt 5.3.4) noch innerhalb der Versuchspartzellen (Kapitel 7) erreicht. Das bedeutet, dass derartige Konzentrationen in diesen beiden Ökotypen die Ausnahme bilden. Die Auswertung ergab für den Vergleich der Monate Juni (F-Test für inhomogene Varianzen) bzw. August (Varianzanalyse) signifikante Unterschiede für die Faktoren Weideökotyp und Verunkrautungsgrad. Im Oktober (ANOVA-F-Test) hatte nur der Verunkrautungsgrad einen signifikanten Einfluss. Der Effekt von Weideökotyp und Verunkrautung in Abhängigkeit voneinander ist im August signifikant ( $p < 0,0001$ ) und im Oktober signifikant ( $p = 0,006$ ). Bei der Verwendung des Binomial-Tests (Tab. A6.20, A6.23, A6.25 und A6.26) wurden zwischen den Verunkrautungsgraden im paarweisen Vergleich der Weideökotypen jeweils signifikante Unterschiede ( $p < 0,001$ ) ermittelt, d.h. es ist statistisch gesichert, dass in stark verunkrauteten Flächen die *S. obtusifolia*-Dichte höher ist als in spärlich verunkrauteten Flächen (cf. Tab. 6.5-6.7).



Tab. 6.5 Unterschiede zwischen Weideökotyp und Verunkrautungsgrad in der Anzahl von *Senna obtusifolia* für Juni im F-Test für inhomogene Varianzen (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Effekt	Zähler-FG	F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp	2	26,29	< 0,0001
<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	1	153,41	< 0,0001
Weideökotyp* <i>S. obtusifolia</i> -Dichte	2	3,15	0,0609 <sup>n.s.</sup>

Tab. 6.6 Unterschiede zwischen Weideökotyp und Verunkrautungsgrad in der Anzahl von *Senna obtusifolia* für August in der Varianzanalyse (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Effekt	SQ	MQ	FG	F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp	416,600	208,300	2	54,339	< 0,0001
<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	2288,133	2288,133	1	596,906	< 0,0001
Weideökotyp* <i>S. obt.</i> -Dichte	242,461	121,233	2	31,626	< 0,0001
Fehler	92,000	3,833	24		
gesamt	3039,194	2621,499	29		

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Tab. 6.7 Unterschiede zwischen Weideökotyp und Verunkrautungsgrad in der Anzahl von *Senna obtusifolia* für Oktober im ANOVA-F-Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp	2	2,96	0,0745 <sup>n.s.</sup>
<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	1	166,32	< 0,0001
Weideökotyp* <i>S. obtusifolia</i> -Dichte	2	6,65	0,0060

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Ein Vergleich der Mittelwerte der *S. obtusifolia*-Dichte je Weideökotyp, die über die Beobachtungsperiode und den Verunkrautungsgrad gemittelt wurden, ergab nach dem Median-Test Unterschiede zwischen offener Savanne und den übrigen Ökotypen ( $p = 0,020$   $p = 0,039$ ), die für sich genommen als signifikant betrachtet werden können. Nach notwendiger Shaffer-Korrektur hinsichtlich der Betrachtung des gesamten Tests sind die Unterschiede jedoch als nicht signifikant zu bewerten (Tab. A6.27).

Die Gesamtsumme der Arten (*cf.* Tab. 6.8) in stark verunkrauteten Flächen ist in der offenen und in der kultivierten Savanne mit je 7,1 (Mittelwert aus Juni, August und Oktober) höher als in Flächen mit spärlicher Verunkrautung. Hier beträgt die Artenzahl 5,2 bzw. 5,4. In der geschützten Savanne mit hoher *S. obtusifolia*-Population ist die Artenzahl mit 4,7 etwas geringer als in Flächen mit niedriger Unkrautdichte. Hier wurden im Mittel der Vegetationsperiode 5,4 Arten gefunden. In spärlich verunkrauteten Flächen nimmt die Artenzahl von Juni

zum Oktober ab. Diesem Trend folgt für Flächen mit hoher Verunkrautung nur die geschützte Savanne. In den anderen Weideökotypen ist ein leichter Anstieg der Artenzahl im Oktober zu erkennen. Die Summe der Arten der Krautschicht ergab nur in der kultivierten Savanne im August in stark verunkrauteten Flächen ( $p = 0,026$ ) einen signifikanten Unterschied. Dabei war die Zahl der anderen krautigen Pflanzenarten bei hoher Dichte (10,4 *S. obtusifolia*-Pflanzen  $0,25 \text{ m}^{-2}$ ) um 70,4% höher als bei spärlicher Verunkrautung (0,4 *S. obtusifolia*-Pflanzen  $0,25 \text{ m}^{-2}$ ). Die Ergebnisse des  $\chi^2$ -Tests finden sich in Tabelle A6.7.

Die Betrachtung Mittelwerte der Artenzahl der Krautschicht über den Beobachtungszeitraum und die Verunkrautung gemittelt, ergab nach dem Median-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Weideökotypen (Tab. A6.27).

Tab. 6.8 Mittlere Artenzahl der Krautschicht<sup>1</sup> insgesamt in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	6,4	5,6	6,0
	August	7,8	5,0	6,4
	Oktober	7,0	5,0	6,5
	$\bar{x}$	7,1 <sup>b</sup>	5,2 <sup>a</sup>	6,3
GS	Juni	6,6	5,4	6,0
	August	3,8	6,0	4,9
	Oktober	3,8	4,8	4,3
	$\bar{x}$	4,7	5,4	5,1
KS	Juni	6,2	5,8	6,0
	August	9,2 <sup>b</sup>	5,4 <sup>a</sup>	7,3
	Oktober	6,0	5,0	5,5
	$\bar{x}$	7,1	5,4	6,3
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	$6,30 \pm 0,80$	$5,33 \pm 0,07$	$5,90 \pm 0,40$

<sup>1</sup> ohne *Senna obtusifolia*; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Die Tabellen 6.9-6.10 geben Aufschluss über die Biodiversität der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte.

Tab. 6.9 Mittlere Artenzahl der Gräser in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	2,6	3,6	3,1
	August	4,2	3,4	3,8
	Oktober	3,6	3,0	3,3
	$\bar{x}$	3,5	3,3	3,4
GS	Juni	2,6	3,2	2,9
	August	1,6a	3,6b	2,6
	Oktober	2,6	3,2	2,9
	$\bar{x}$	2,3	3,3	2,8
KS	Juni	2,2	3,4	2,8
	August	3,0	3,0	3,0
	Oktober	2,0	3,6	2,8
	$\bar{x}$	2,4	3,3	2,9
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	2,73 $\pm$ 0,38	3,30 $\pm$ 0,00	3,03 $\pm$ 0,18

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Tab. 6.10 Mittlere Artenzahl der Kräuter<sup>1</sup> in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	3,8	2,0	2,9
	August	3,6 <sup>b</sup>	1,6 <sup>a</sup>	2,6
	Oktober	3,4	2,0	2,7
	$\bar{x}$	3,6 <sup>b</sup>	1,9 <sup>a</sup>	2,7
GS	Juni	4,0	2,2	3,1
	August	2,2	2,4	2,3
	Oktober	1,2	1,6	1,4
	$\bar{x}$	2,5	2,1	2,3
KS	Juni	4,0	2,4	3,2
	August	6,2 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	4,3
	Oktober	4,0 <sup>b</sup>	1,4 <sup>a</sup>	2,7
	$\bar{x}$	4,7 <sup>b</sup>	2,1 <sup>a</sup>	3,4
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	3,60 <sup>b</sup> $\pm$ 0,63	2,03 <sup>a</sup> $\pm$ 0,07	2,80 $\pm$ 0,32

<sup>1</sup> ohne *Senna obtusifolia*; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Statistisch konnte mittels  $\chi^2$ -Test nur in der geschützten Savanne im August (p = 0,05) ein signifikant höherer Anteil an Gräserarten in spärlich verunkrauteten Flächen nachgewiesen werden. Dem  $\chi^2$ -Test zufolge dominieren in der offenen Savanne im August (p = 0,05) und in

der kultivierten Savanne im August und Oktober ( $p = 0,004$  bzw.  $0,012$ ) bei hoher *S. obtusifolia*-Dichte die Kräuterarten (cf. Tab. A6.8-A6.9).

Die Mittelwerte der Anzahl der Gräser- und Kräuterarten über eine Vegetationsperiode und über beide Verunkrautungsstufen sind nach dem Median-Test nicht signifikant (Tab. A6.27).

Die Tabelle 6.11 fasst die Anzahl der Gräser und Kräuter zusammen. Die Mittelwerte für *S. obtusifolia* sind bereits in Tabelle 6.4 aufgeführt.

Tab. 6.11 Mittlere Anzahl der Pflanzen der Krautschicht<sup>1</sup> (Individuen) in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	22,2 <sup>a</sup>	77,0 <sup>b</sup>	49,6
	August	20,6 <sup>a</sup>	35,6 <sup>b</sup>	28,1
	Oktober	20,2	23,6	21,9
	$\bar{x}$	21,0 <sup>a</sup>	45,4 <sup>b</sup>	33,2
GS	Juni	53,0 <sup>a</sup>	82,2 <sup>b</sup>	67,6
	August	28,0 <sup>a</sup>	64,8 <sup>b</sup>	46,4
	Oktober	24,2	24,0	24,1
	$\bar{x}$	35,1 <sup>a</sup>	57,0 <sup>b</sup>	46,0
KS	Juni	34,8 <sup>a</sup>	72,4 <sup>b</sup>	53,6
	August	28,6 <sup>a</sup>	49,2 <sup>b</sup>	38,9
	Oktober	24,4	23,8	24,1
	$\bar{x}$	29,3 <sup>a</sup>	48,5 <sup>b</sup>	38,9
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	28,47 <sup>a</sup> $\pm$ 4,09	50,30 <sup>b</sup> $\pm$ 3,47	39,37 $\pm$ 3,70

<sup>1</sup> ohne *Senna obtusifolia*; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Im Juni fällt in sämtlichen Flächen mit spärlicher Verunkrautung die hohe Anzahl Pflanzen auf. Für alle Weideökotypen wurden im Juni und August höhere Gesamtzahlen an Individuen der Krautschicht in spärlich verunkrauteten Flächen festgestellt ( $p < 0,0001$ ). Im Oktober ergaben sich keine Unterschiede zu hoch verunkrauteten Flächen. Die Ergebnisse des  $\chi^2$ -Tests sind in Tabelle A6.10 ersichtlich.

Ein Vergleich der Mittelwerte der Krautschicht insgesamt über eine Vegetationszeit und die Verunkrautungsgrade gemittelt ergab für die drei Weideökotypen nach dem Median-Test keine signifikanten Unterschiede (Tab. A6.27).

Bei der Untersuchung der Gräser und Kräuter ergab sich folgendes Bild: Zu Beginn und während der Regenzeit sind in Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte signifikant mehr Gräser je 0,25 m<sup>2</sup> gezählt worden, außer in der offenen Savanne im August und in der geschützten Savanne im Oktober. Bei den Kräutern konnte der gleiche Trend ( $p < 0,0001$ ) beobachtet werden, außer in der kultivierten Savanne für den Monat August. Zu Beginn der Trockenzeit ist die Kräuterzahl in der offenen Savanne in stark verunkrauteten Flächen signifikant ( $p = 0,006$ ) höher als in Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte. In der geschützten Savanne konnte kein Unterschied zwischen den Verunkrautungsgraden im Oktober ermittelt werden. In der kultivierten Savanne hingegen wurde eine signifikant höhere Anzahl Kräuter ( $p = 0,023$ ) in spärlich verunkrauteten Flächen gezählt (Tab. A6.11-A6.12). In den Tabellen 6.12 und 6.13 sind die Mittelwerte der Anzahl der Gräser bzw. Kräuter in drei Weideökotypen dargestellt.

Tab. 6.12 Mittlere Anzahl der Gräser (Individuen) in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	9,2 <sup>a</sup>	46,2 <sup>b</sup>	27,7
	August	12,4	14,8	13,6
	Oktober	6,0 <sup>a</sup>	15,2 <sup>b</sup>	10,6
	$\bar{x}$	<b>9,2<sup>a</sup></b>	<b>25,4<sup>b</sup></b>	17,3
GS	Juni	27,0 <sup>a</sup>	36,0 <sup>b</sup>	31,5
	August	14,2 <sup>a</sup>	32,0 <sup>b</sup>	23,1
	Oktober	14,0	16,4	15,2
	$\bar{x}$	<b>18,4<sup>a</sup></b>	<b>28,1<sup>b</sup></b>	23,3
KS	Juni	13,8 <sup>a</sup>	27,8 <sup>b</sup>	20,8
	August	7,2 <sup>a</sup>	25,2 <sup>b</sup>	16,2
	Oktober	9,8 <sup>a</sup>	14,2 <sup>b</sup>	12,0
	$\bar{x}$	<b>10,3<sup>a</sup></b>	<b>22,4<sup>b</sup></b>	16,3
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	12,63 <sup>a</sup> $\pm$ 2,90	25,30 <sup>b</sup> $\pm$ 1,65	18,97 $\pm$ 2,19

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Tab. 6.13 Mittlere Anzahl der Kräuter<sup>1</sup> (Individuen) in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	13,0 <sup>a</sup>	30,8 <sup>b</sup>	21,9
	August	8,2 <sup>a</sup>	20,8 <sup>b</sup>	14,5
	Oktober	14,2 <sup>b</sup>	8,4 <sup>a</sup>	11,3
	$\bar{x}$	<b>11,8<sup>a</sup></b>	<b>20,0<sup>b</sup></b>	15,9
GS	Juni	26,0 <sup>a</sup>	46,2 <sup>b</sup>	36,1
	August	13,8 <sup>a</sup>	32,8 <sup>b</sup>	23,3
	Oktober	10,2	7,6	8,9
	$\bar{x}$	<b>16,7<sup>a</sup></b>	<b>28,9<sup>b</sup></b>	22,8
KS	Juni	21,0 <sup>a</sup>	44,6 <sup>b</sup>	32,8
	August	21,4	24,0	22,7
	Oktober	14,6 <sup>b</sup>	9,6 <sup>a</sup>	12,1
	$\bar{x}$	<b>19,0<sup>a</sup></b>	<b>26,1<sup>b</sup></b>	22,6
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	15,83 <sup>a</sup> $\pm$ 2,12	25,00 <sup>b</sup> $\pm$ 2,63	20,43 $\pm$ 2,27

<sup>1</sup> ohne *Senna obtusifolia*; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander

Ein Vergleich der Mittelwerte der Anzahl der Gräser ergab nach dem LSD-Test (Tab. A6.28) signifikante Unterschiede zwischen der geschützten Savanne mit 23,3 Gräsern im Mittel je 0,25 m<sup>2</sup> und der offenen Savanne mit 17,3 (p = 0,007) sowie der kultivierten Savanne mit 16,3 Gräsern je Zählquadrat (p = 0,008). Die Mittelwerte der Anzahl der Kräuter über eine Messperiode und beide *S. obtusifolia*-Dichten verfehlten die Signifikanzgrenze im Tukey-Test (Tab. A6.27).

Die Kovarianzanalyse (Tab. A6.30-A6.31), die getrennt nach Verunkrautungsstufe für die Anzahl der Individuen der Krautschicht in Beziehung zu *S. obtusifolia* mit dem Faktor Weideökotyp durchgeführt wurde, ergab einen hoch signifikant positiven Einfluss der Gräser- und Kräuteranzahl auf das Vorkommen von *S. obtusifolia* in beiden Verunkrautungsgraden. So kommt bei dichter Verunkrautung je 25 Gräser bzw. je 33 Kräuter 1 *S. obtusifolia*-Pflanze mehr im Zählquadrat vor. In gering verunkrauteten Flächen ist das Verhältnis mit 17 Gräsern bzw. 14 Kräutern je hinzukommende *S. obtusifolia*-Pflanze etwas enger.

Im Vergleich zeigte sich in beiden Fällen die offene Savanne gegenüber der geschützten und kultivierten Savanne im *S. obtusifolia*-Bewuchs als hoch signifikant unterschiedlich, wobei sich die Signifikanz im ersten Vergleich aus dem Modellansatz ergibt. Der Vergleich von

geschützter mit kultivierter Savanne bezüglich der *S. obtusifolia*-Anzahl blieb für beide Verunkrautungsstufen nicht signifikant.

Im Folgenden werden die wichtigsten, d.h. häufigsten Arten der Krautschicht besprochen:

Tab. 6.14 Mittlere Anzahl wichtiger Gräser in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Gräserart	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
<i>Aristida</i> spp.	Juni	- <sup>a</sup>	1,8 <sup>b</sup>	0,9
	August <sup>1</sup>	0,6 <sup>a</sup>	2,0 <sup>b</sup>	1,3
	$\bar{x}$	0,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	0,7
<i>Brachiaria</i> spp.	Juni	6,4 <sup>a</sup>	39,4 <sup>b</sup>	22,9
	August	3,6 <sup>a</sup>	8,2 <sup>b</sup>	5,9
	Oktober	2,2	2,0	2,1
	$\bar{x}$	4,1 <sup>a</sup>	16,5 <sup>b</sup>	10,3
<i>Cenchrus biflorus</i>	Juni	0,4	-	0,2
	August	1,4	0,8	1,1
	Oktober	1,6 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,8
	$\bar{x}$	1,1 <sup>a</sup>	0,3 <sup>b</sup>	0,7
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Juni	0,4	1,2	0,8
	August	3,0	1,8	2,4
	Oktober	1,0	1,2	1,1
	$\bar{x}$	1,5	1,4	1,4
<i>Digitaria debilis</i>	Juni	0,2	0,2	0,2
	August	2,6 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,3
	Oktober	0,2	-	0,1
	$\bar{x}$	1,0 <sup>b</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,5
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Oktober <sup>1</sup>	0,2 <sup>a</sup>	11,8 <sup>b</sup>	6,0
	$\bar{x}$	0,1 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>	2,0
$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$		1,33 <sup>a</sup> $\pm$ 0,59	3,92 <sup>b</sup> $\pm$ 2,58	2,60 $\pm$ 1,56

<sup>1</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlenden Monaten; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

In der offenen Savanne sind Gräser in Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte nur vereinzelt anzutreffen (Tab. 6.14). Einzige Ausnahmen bilden *D. debilis* im August ( $p < 0,0001$ ) und *Cenchrus biflorus* Roxb. im Oktober ( $p = 0,008$ ). In Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte kommen in diesem Weideökotyp zu Beginn und während der Regenzeit signifikant mehr *Aristida* spp. und *Brachiaria* spp. vor. Im Oktober zeigt sich *Schoenefeldia gracilis* Kunth. ( $p < 0,0001$ ) bei den Gräsern als dominant. *Loudetia togoensis* wurde nur im Juni ge-

funden und bildet eine Ausnahme in diesem Weideökotyp, da diese Art sonst nur in der geschützten Savanne gefunden wurde. In Tabelle 6.14 sind die wichtigsten Gräser der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlichen *S. obtusifolia*-Populationen dargestellt. Im Anhang werden die Unterschiede zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Gräserarten mit dem Binomial-Test ausgewertet (Tab. A6.19).

Tab. 6.15 Mittlere Anzahl wichtiger Kräuter in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Kräuterart	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Juni	0,2	1,0	0,6
	August	1,8	2,0	1,9
	Oktober	2,2 <sup>b</sup>	0,4 <sup>a</sup>	1,3
	$\bar{x}$	1,4	1,1	1,3
<i>Amaranthus</i> spp.	Juni	3,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,5
	August	2,4 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,2
	Oktober	0,2	-	0,1
	$\bar{x}$	1,9 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,9
<i>Commelina</i> spp.	Juni	3,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,5
	August	0,2	-	0,1
	Oktober	0,2	-	0,1
	$\bar{x}$	1,1 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,6
<i>Sida cordifolia</i> Linn.	Oktober <sup>1</sup>	3,8 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,9
	$\bar{x}$	1,3 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,7
<i>Sida rhombifolia</i> Linn.	Juni	0,2	-	0,1
	August	2,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,0
	Oktober	0,6	0,2	0,4
	$\bar{x}$	0,9 <sup>b</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,5
<i>Spermacoce octodon</i>	Juni	1,6	1,6	1,6
	August	-	0,2	0,1
	Oktober	-	1,0	0,5
	$\bar{x}$	0,5	0,9	0,7
<i>Zornia glochidiata</i>	Juni	- <sup>a</sup>	28,6 <sup>b</sup>	14,3
	August	11,4 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>	15,1
	Oktober	7,4	6,8	7,0
	$\bar{x}$	6,2 <sup>a</sup>	18,0 <sup>b</sup>	12,1
$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF (ohne } S. \text{ obt.)}$		1,90 <sup>a</sup> $\pm$ 0,73	2,87 <sup>b</sup> $\pm$ 2,53	2,40 $\pm$ 1,62

<sup>1</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlenden Monaten; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

Kräuter dominieren in der offenen Savanne in dichten *S. obtusifolia*-Beständen, allerdings nur zu bestimmten Phasen der Vegetationszeit (cf. Tab. 6.15). *Amaranthus* spp., *Commelina* spp.,



und *Sida* spp. ( $p < 0,002$ ) spielen zu Beginn der Vegetationszeit eine Rolle, während *A. ovalifolius* ( $p = 0,022$ ) zu Beginn der Trockenzeit verstärkt vorkommt. Im Oktober ist außerdem *S. octodon* (Hepp.) Lebrun & Stork ( $p = 0,063$ ) dominant. In Tabelle 6.15 sind die wichtigsten Kräuter der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlichen *S. obtusifolia*-Populationen dargestellt. Die Unterschiede zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Kräuterarten wurden mit dem Binomial-Test ausgewertet (Tab. A6.20).

Tab. 6.16 Mittlere Anzahl wichtiger Gräser und Seggen in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Gräserart	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
<i>Brachiaria</i> spp.	Juni	13,4 <sup>a</sup>	25,6 <sup>b</sup>	19,5
	August	11,2 <sup>a</sup>	6,8 <sup>b</sup>	9,0
	Oktober	8,0 <sup>b</sup>	0,6 <sup>a</sup>	4,3
	$\bar{x}$	10,9	11,0	10,9
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Juni	-	1,0	0,5
	August	-	0,6	0,3
	Oktober	0,8	0,4	0,6
	$\bar{x}$	0,3	0,7	0,5
<i>Loudetia togoensis</i>	Juni	4,4	6,8	5,6
	August	2,8 <sup>a</sup>	19,0 <sup>b</sup>	10,9
	Oktober	4,4	3,6	4,0
	$\bar{x}$	3,9 <sup>a</sup>	9,8 <sup>b</sup>	6,8
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Juni	5,8 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	2,9
	August <sup>1</sup>	0,2	-	0,1
	$\bar{x}$	2,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,0
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Oktober	0,8 <sup>a</sup>	6,6 <sup>b</sup>	3,7
	$\bar{x}$	0,3 <sup>a</sup>	2,2 <sup>b</sup>	1,2
<i>Bulbostylis</i> spp. (Cyperaceae)	Juni	- <sup>a</sup>	1,4 <sup>b</sup>	0,7
	August	- <sup>a</sup>	1,6 <sup>b</sup>	0,8
	$\bar{x}$	- <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>	0,5
$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$		2,90 <sup>a</sup> $\pm$ 1,71	4,12 <sup>b</sup> $\pm$ 2,01	3,48 $\pm$ 1,78

<sup>1</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlenden Monaten; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

In der geschützten Savanne gibt es im Juni in Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte mit 5,8 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  eine hohe *P. pedicellatum*-Dichte ( $p < 0,0001$ ). Die Dominanz von *Brachiaria* spp. ist hier im Juni ( $p < 0,0001$ ), im August ( $p = 0,026$ ) und im Oktober ( $p < 0,0001$ ) signifikant. In Flächen mit spärlicher Verunkrautung kommen im Juni Gräser wie *Brachiaria* spp. ( $p < 0,0001$ ), die nur hier und zu diesem Zeitpunkt in Erscheinung tritt,

sowie *D. aegyptium* ( $p = 0,063$ ) vor. Obwohl *L. togoensis* in diesem Weideökotyp als Bestandsbildner gilt, konnte eine signifikante Dominanz nur für August ( $p < 0,0001$ ) berechnet werden. *Cyperaceae* (*Bulbostylis* spp.) dominieren während der Regenzeit ( $p < 0,016$ ). Im Oktober kommt *S. gracilis* ( $p < 0,0001$ ) vor. In Tabelle 6.16 sind die wichtigsten Gräser und eine Seggenart der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlichen *S. obtusifolia*-Populationen aufgezeigt. Im Anhang werden die Unterschiede zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Gräser- und Seggenarten mit dem Binomial-Test ausgewertet (Tab. A6.21-22).

Tab. 6.17 Mittlere Anzahl wichtiger Kräuter in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Kräuterart	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Juni	- <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	1,5
	August	-	1,0	0,5
	Oktober	0,2	-	0,1
	$\bar{x}$	0,1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	0,7
<i>Amaranthus</i> spp.	Juni	6,4 <sup>b</sup>	3,4 <sup>a</sup>	2,0
	August <sup>1</sup>	0,6	-	0,3
	$\bar{x}$	2,3 <sup>b</sup>	1,1 <sup>a</sup>	0,8
<i>Commelina</i> spp.	August	0,6	-	0,3
	$\bar{x}$	0,2	-	0,1
<i>Spermacoce octodon</i>	Juni	5,4 <sup>b</sup>	2,2 <sup>a</sup>	3,8
	August	1,2	1,4	1,3
	$\bar{x}$	2,2 <sup>b</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,7
<i>Urena lobata</i>	Juni	1,2 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,6
	$\bar{x}$	0,4 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,2
<i>Zornia glochidiata</i>	Juni	12,0 <sup>a</sup>	37,6 <sup>b</sup>	24,8
	August	12,0 <sup>a</sup>	26,6 <sup>b</sup>	19,3
	Oktober	10,0 <sup>b</sup>	4,6 <sup>a</sup>	7,3
	$\bar{x}$	11,3 <sup>a</sup>	22,9 <sup>b</sup>	17,1
$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF (ohne } S. \text{ obt.)}$		2,75 <sup>a</sup> $\pm$ 1,76	4,42 <sup>b</sup> $\pm$ 3,70	3,43 $\pm$ 2,74

<sup>1</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlenden Monaten; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

Unter den Kräutern sind in der geschützten Savanne im Juni *Amaranthus* spp. ( $p = 0,044$ ), *S. octodon* ( $p = 0,014$ ) und *Urena lobata* Linn. (0,031) in Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte zu nennen. Zu Beginn der Trockenzeit dominiert *Z. glochidiata* DC. ( $p = 0,002$ ). In Abschnitten mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte kommt im Juni in der geschützten Savanne *A. ovalifolius* und während der Regenzeit *Z. glochidiata* vor (beide mit  $p < 0,0001$ ). In Ta-

belle 6.17 sind die wichtigsten Kräuter der geschützten Savanne dargestellt. Die Unterschiede zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Kräuterarten wurden mit dem Binomial-Test ermittelt (Tab. A6.23).

Tab. 6.18 Mittlere Anzahl wichtiger Gräser in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Gräserart	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
<i>Andropogon gayanus</i>	Juni	-	0,8	0,4
	August <sup>1</sup>	1,0	-	0,5
	$\bar{x}$	0,3	0,3	0,3
<i>Aristida</i> spp.	Juni	- <sup>a</sup>	3,8 <sup>b</sup>	1,9
	August	- <sup>a</sup>	4,8 <sup>b</sup>	2,4
	Oktober	- <sup>a</sup>	2,0 <sup>b</sup>	1,0
	$\bar{x}$	- <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	1,8
<i>Brachiaria</i> spp.	Juni	- <sup>a</sup>	16,6 <sup>b</sup>	8,3
	August	- <sup>a</sup>	9,4 <sup>b</sup>	4,7
	Oktober	- <sup>a</sup>	3,2 <sup>b</sup>	1,6
	$\bar{x}$	- <sup>a</sup>	9,7 <sup>b</sup>	4,9
<i>Cenchrus biflorus</i>	Juni	0,4	1,0	0,7
	August	2,4 <sup>b</sup>	0,4 <sup>a</sup>	1,4
	$\bar{x}$	0,9	0,5	0,7
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Juni	5,8 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	4,4
	August	0,2 <sup>a</sup>	9,6 <sup>b</sup>	4,9
	Oktober	4,8	3,2	4,0
	$\bar{x}$	3,6 <sup>a</sup>	5,3 <sup>b</sup>	4,5
<i>Digitaria debilis</i>	August	2,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,0
	Oktober	1,0	-	0,5
	$\bar{x}$	1,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,5
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Juni	7,6 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	5,0
	August	1,6	1,0	1,3
	Oktober	4,0 <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup>	2,1
	$\bar{x}$	7,1 <sup>b</sup>	1,2 <sup>a</sup>	4,2
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Oktober	- <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	2,8
	$\bar{x}$	- <sup>a</sup>	1,9 <sup>b</sup>	0,9
$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$		1,61 <sup>a</sup> $\pm$ 0,89	2,80 <sup>b</sup> $\pm$ 1,17	2,22 $\pm$ 0,70

<sup>1</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlenden Monaten; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

In der kultivierten Savanne mit hohem *S. obtusifolia*-Besatz treten im Juni *D. aegyptium* (p = 0,049) und im August *C. biflorus* (p = 0,013) auf. Im August und Oktober kommt *D. debilis* (p = 0,002 bzw. 0,063) vor. *Pennisetum pedicellatum* dominiert hoch signifikant im

Juni und im Oktober. Betrachtet man Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte, so finden sich hier bei den Gräsern über den gesamten Zeitraum *Aristida* spp. ( $p < 0,002$ ) und *Bracharia* spp. ( $p < 0,0001$ ), *D. aegyptium* im August ( $p < 0,0001$ ), während *S. gracilis* nur im Oktober hoch signifikant dominiert. In Tabelle 6.18 sind die wichtigsten Gräser der kultivierten Savanne zusammengefasst. Mit Hilfe des Binomial-Tests wurden die Unterschiede zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Gräserarten ausgewertet (Tab. A6.24).

Tab. 6.19 Mittlere Anzahl wichtiger Kräuter in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Kräuterart	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Juni	1,4	-	0,7
	August	2,6 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,3
	Oktober	0,6	-	0,3
	$\bar{x}$	1,5 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,8
<i>Commelina</i> spp.	Juni	7,4 <sup>b</sup>	1,0 <sup>a</sup>	4,2
	August	5,4 <sup>b</sup>	1,6 <sup>a</sup>	3,5
	Oktober	-	0,2	0,1
	$\bar{x}$	4,3 <sup>b</sup>	0,9 <sup>a</sup>	2,6
<i>Sida cordifolia</i>	Juni	1,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,5
	August	1,4	-	0,7
	Oktober	2,8 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,4
	$\bar{x}$	1,7 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,9
<i>Spermacoce octodon</i>	Juni	- <sup>a</sup>	10,4 <sup>b</sup>	5,2
	August	- <sup>a</sup>	3,6 <sup>b</sup>	1,8
	Oktober	0,6	1,4	1,0
	$\bar{x}$	0,2 <sup>a</sup>	5,1 <sup>b</sup>	2,7
<i>Urena lobata</i>	Juni	0,8	-	0,4
	August	2,8 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	1,4
	Oktober	1,4 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,7
	$\bar{x}$	1,7 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	0,8
<i>Zornia glochidiata</i>	Juni	7,8 <sup>a</sup>	32,2 <sup>b</sup>	20,0
	August	6,0 <sup>a</sup>	18,4 <sup>b</sup>	12,2
	Oktober	8,0	8,0	8,0
	$\bar{x}$	7,3 <sup>a</sup>	19,5 <sup>b</sup>	13,4
$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF (ohne } S. \text{ obt.)}$		2,78 <sup>a</sup> $\pm$ 1,05	4,25 <sup>b</sup> $\pm$ 3,15	3,53 $\pm$ 2,00

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

Während der Regenzeit kommen in der kultivierten Savanne in Flächen mit hohem *S. obtusifolia*-Bestand Kräuter wie *A. ovalifolius* ( $p < 0,0001$ ), *Commelina* spp. *Sida* spp. und *U. lo-*

*bata* (jeweils mit  $p < 0,002$ ) vor. Die Kräuterarten sind in Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte mit *S. octodon* und *Z. glochidiata* während der Regenzeit signifikant vertreten. In Tabelle 6.19 sind die wichtigsten Kräuter der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlichen *S. obtusifolia*-Populationen aufgelistet. Im Anhang werden die Unterschiede zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Kräuterarten mit dem Binomial-Test ausgewertet (Tab. A6.25).

Die Verteilung und das Auftreten einzelner Arten ist sporadisch, nicht homogen und z.T. an Weideökotypen (*L. togoensis*) bzw. Jahreszeiten (*S. gracilis*) gebunden. Bezogen auf die Verunkrautung kommen in stark verunkrauteten Flächen Gräser wie *C. biflorus*, *D. debilis* und *P. pedicellatum* vor. In Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Population dominieren Gräser wie *Aristida* spp., *L. togoensis* und *S. gracilis*. Unter den Kräutern sind in stark mit *S. obtusifolia* befallenen Flächen *Amaranthus* spp., *S. octodon*, *Sida* spp. und *U. lobata* einheitlich dominant. Allein *Z. glochidiata* zeigt in den spärlich verunkrauteten Flächen der offenen und der kultivierten Savanne eine signifikante Dominanz während der Regenzeit. Für alle Weideökotypen einheitlich ist dagegen der Unterschied zwischen hoch und spärlich verunkrauteten Flächen bezüglich der Gesamtmittelwerte wichtiger Gräser und Kräuter. Dabei finden sich in Savannenabschnitten mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte signifikant mehr Pflanzen in der Krautschicht. Die Liste der einzelnen Arten der Krautschicht für die drei Weideökotypen ist in den Tabellen A6.13 bis A6.18 im Anhang ersichtlich.

Die Berechnung der Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) der wichtigsten Vertreter der Krautschicht in hoch und gering verunkrauteten Flächen in Abhängigkeit von der *S. obtusifolia*-Dichte, über alle Weideökotypen gemittelt, ergab für die einzelnen Arten (Tab. A6.28) folgende Ergebnisse: *Andropogon gayanus* fehlt weitgehend. Im August konnte in hoch verunkrauteten Flächen eine negative Korrelation ( $\rho_s = -0,566$ ;  $p = 0,028$ ) zu *S. obtusifolia* ermittelt werden. Dies ist jedoch für eine Aussage zur Konkurrenzkraft von *A. gayanus* gegenüber *S. obtusifolia* noch nicht ausreichend. *Brachiaria* spp. und *L. togoensis* kommen jeweils mit zunehmender *S. obtusifolia*-Anzahl zu allen Zeitpunkten vor. Dabei sind die erstgenannten Arten tendenziell in beiden Verunkrautungsstufen zu Beginn der Regenzeit signifikant, während die letztere nur in hoch verunkrauteten Flächen im August als signifikant geringer im Vergleich zu *S. obtusifolia* nachweisbar ist. *Cenchrus biflorus* zeigt keine eindeutige Tendenz. So ist die Korrelation im August negativ ( $\rho_s = -0,805$ ;  $p = 0,0001$ ), dagegen im Oktober positiv ( $\rho_s = 0,791$ ;  $p = 0,0001$ ) in hoch verunkrauteten Flächen. Dem gegenüber kann bei

*P. pedicellatum* von einem über alle Monate hinweg negativ korrelierten Zusammenhang gesprochen werden, der aber lediglich im Juni in gering verunkrauteten Flächen signifikant ist ( $\rho_s = -0,661$ ;  $p = 0,016$ ). Dennoch gilt *P. pedicellatum* als produktives (ABRAHAM *et al.* 1998) und vergleichsweise konkurrenzstarkes Gras gegenüber *S. obtusifolia* (KOUKOURA *et al.* 1998). Bei den Gräsern *Aristida* spp., *D. aegyptium*, *D. debilis*, *S. gracilis* sowie *Bulbostylis* spp. (*Cyperaceae*) konnten keine signifikanten Beziehungen zur *S. obtusifolia*-Dichte hergestellt werden. Einzelne Arten fehlen entweder zu bestimmten Zeitpunkten oder in einer Verunkrautungsstufe. So kommen *Aristida* spp. eher in gering verunkrauteten Flächen vor, während *D. debilis* überwiegend in hoch verunkrauteten Flächen anzutreffen ist. *Dactyloctenium aegyptium*, *D. debilis* und *S. gracilis* zeigen häufiger negative Korrelationen. Für *D. aegyptium* wurde die Konkurrenzfähigkeit gegenüber *S. obtusifolia* nachgewiesen (ABRAHAM *et al.* 1998, KOUKOURA *et al.* 1998). In trockenen Jahren ist diese allerdings wegen der geringeren Trockenresistenz von *D. aegyptium* eingeschränkt (NOITSAKIS & NASTIS 1998). Das Fehlen von *Bulbostylis* spp. in hoch verunkrauteten Flächen sowie gänzlich im Oktober wird auf deren erhöhten Wasserbedarf zurückgeführt.

Betrachtet man die Kräuter in diesem Zusammenhang, so lässt sich folgendes sagen: Die Hälfte der Arten kommt über den gesamten Zeitraum und in beiden Verunkrautungsstufen vor. *Amaranthus* spp., *S. rhombifolia* und *S. cordifolia* sowie *U. lobata* waren in gering verunkrauteten Flächen kaum anzutreffen. Die ersten beiden Kräuterarten waren positiv mit der *S. obtusifolia*-Dichte korreliert, mit Signifikanzen im Juni ( $\rho_s = 0,564$ ;  $p = 0,029$ ) bzw. Oktober ( $\rho_s = 0,519$ ;  $p = 0,047$ ). *Urena lobata* wies eine negative Wechselbeziehung zu *S. obtusifolia* auf, die aber nur im August mit  $\rho_s = -0,744$  ( $p = 0,001$ ) signifikant war. Da diese Art jedoch nur bei einer hohen *S. obtusifolia*-Dichte vorkam, müssen andere Gründe als Konkurrenz, die bisher nicht geklärt sind, eine Rolle spielen. Dieser Zusammenhang wird auch bei einigen anderen Kräutern deutlich, d.h. es zeigten sich überwiegend negative Korrelationen in hoch verunkrauteten Flächen. Diese waren für *S. octodon* nicht signifikant. *Sida cordifolia* wies zum Beginn und Maximum der Regenzeit negative Beziehungen zu *S. obtusifolia* auf, die aber nur im August mit  $\rho_s = -0,635$ ;  $p = 0,011$  signifikant war (cf. *A. ovalifolius*). Einzelne Kräuter scheinen sich, noch mehr als Gräser, zu bestimmten Zeitpunkten mit *S. obtusifolia* zu assoziieren. So bevorzugten *Amaranthus* und *Sida* spp. sowie *U. lobata* Flächen mit dichtem *S. obtusifolia*-Bestand. Eine der am häufigsten im Zamfara-Weidegebiet vorkommenden Arten, *Z. glochidiata*, blieb ohne Signifikanz und es lässt sich auch anhand der Korrelationen keine eindeutige Aussage hinsichtlich des Konkurrenzpotentials gegenüber *S. obtusifolia* machen.

Im Folgenden wird auf die Wechselbeziehung einzelner Arten der Krautschicht zu *S. obtusifolia* in den drei Weideökotypen (über alle Monate gemittelt) eingegangen (Tab. A6.29)<sup>41</sup>. Es ergaben sich bei den Gräsern lediglich für *S. gracilis* eindeutig negative Korrelationen ( $\rho_s$ ) über beide Verunkrautungsstufen, die vereinzelt signifikant in der offenen bzw. der geschützten Savanne waren. Dieses Gras ist häufiger in spärlich verunkrauteten Flächen zu finden, was auf eine gewisse Intoleranz dieser Art gegenüber *S. obtusifolia* schließen lässt. Die übrigen Gräser zeigen kein einheitliches Verhalten sowohl in Bezug auf Verunkrautung als auch innerhalb der einzelnen Weideökotypen, mit lediglich sporadisch signifikanter Wechselbeziehung zu *S. obtusifolia*. Für *P. pedicellatum* konnte in diesem Vergleich nicht die erwartete Konkurrenzwirkung auf *S. obtusifolia* nachgewiesen werden. Es kam verstärkt in hoch verunkrauteten Flächen vor und war in der geschützten Savanne signifikant positiv mit *S. obtusifolia* ( $r = 0,693$ ;  $p = 0,004$ ) korreliert. *Dactyloctenium aegyptium* wies zwar größtenteils negative Korrelationen auf, diese waren jedoch stets weit über der Signifikanzgrenze. *Cyperaceae* fehlen in hoch verunkrauteten Flächen in allen Weideökotypen.

Bei den Kräuterarten zeigt sich auch im Vergleich der Weideökotypen eine Affinität zu hoch verunkrauteten Flächen, wobei das Verhalten gegenüber *S. obtusifolia* weniger eindeutig ist. *Sida* spp. zeigen noch am deutlichsten einen negativen Zusammenhang, der in der offenen Savanne für *S. cordifolia* mit  $r = -0,677$  und  $p = 0,006$  als signifikant bezeichnet werden kann. *Amaranthus* spp. und *S. octodon* zeigen überwiegend positive Beziehungen. Dabei deutet sich *Amaranthus* spp. eine Tendenz zu hoher *S. obtusifolia*-Dichte an, während *S. octodon* eher in gering verunkrauteten Flächen vorkommt. Für die wichtige Weideleguminose *Z. glochidiata* ergaben sich eher positive Korrelationen, die in gering verunkrauteten Flächen der offenen und geschützten Savanne signifikant ( $p = 0,004$ ;  $p = 0,015$ ) waren. In der offenen Savanne wurde jedoch ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen *Z. glochidiata* und *S. obtusifolia* ( $r = -0,634$ ;  $p = 0,011$ ) berechnet, so dass auch hier keine eindeutige Aussage in Bezug auf das Konkurrenzpotential dieser Art vorgenommen werden kann.

Die Wuchshöhe der Krautschicht zu Beginn und während der Regenzeit ist in stark verunkrauteten Flächen doppelt bis dreimal so hoch wie in spärlich verunkrauteten Flächen. In der geschützten Savanne ist die Krautschicht zu Beginn der Trockenzeit in beiden Fällen etwa gleich hoch. Die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* ist stets höher als die der übrigen Krautschicht. Die Unterschiede zwischen dichten und spärlichen *S. obtusifolia*-Beständen in der

---

<sup>41</sup> Die für die Betrachtung notwendige Unabhängigkeit der Daten ist größtenteils gegeben, da viele Gräser und Kräuter im Verlauf der Vegetationsperiode hinzukamen (Keimung) bzw. fehlten (Austrocknung).

Wuchshöhe sind noch größer als die in der Krautschicht, nämlich ein 4-5 faches. Einzige Ausnahme auch hier die geschützte Savanne mit fast gleich hohen *S. obtusifolia*-Pflanzen zu Beginn der Trockenzeit. Die *S. obtusifolia*-Pflanzen überragen die Krautschicht in stark unkrauteten Flächen um mindestens das Doppelte. Allein in der kultivierten Savanne mit niedriger Unkrautpopulation konnte zu Beginn der Trockenzeit eine höhere Krautschicht im Vergleich zu *S. obtusifolia* beobachtet werden. Die Ergebnisse der Messung der Pflanzenhöhe zeigen, wie konkurrenzstark und erfolgreich *S. obtusifolia* in der Sudansavannenvegetation ist. Die Ergebnisse der Messung der Wuchshöhe der Pflanzen der Krautschicht und *S. obtusifolia* sind in Tabelle 6.20 bzw. 6.21 dargestellt.

Tab. 6.20 Mittlere Wuchshöhen [cm] der Krautschicht (ohne *S. obtusifolia*) in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	16,7 <sup>b</sup>	6,1 <sup>a</sup>	11,4
	August	21,3 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>	14,5
	Oktober	15,5	14,3	14,9
	$\bar{x}$	<b>17,8<sup>b</sup></b>	<b>9,4<sup>a</sup></b>	13,6
GS	Juni	12,3 <sup>b</sup>	7,1 <sup>a</sup>	9,7
	August	20,6 <sup>b</sup>	13,9 <sup>a</sup>	17,3
	Oktober	27,9	32,7	30,3
	$\bar{x}$	<b>20,3</b>	<b>17,9</b>	19,1
KS	Juni	10,5 <sup>b</sup>	8,4 <sup>a</sup>	9,5
	August	43,2 <sup>b</sup>	22,0 <sup>a</sup>	32,6
	Oktober	42,5	33,3	37,9
	$\bar{x}$	<b>32,1</b>	<b>21,2</b>	26,7
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	23,40 <sup>b</sup> $\pm$ 4,41	16,17 <sup>a</sup> $\pm$ 3,51	19,80 $\pm$ 3,80

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

Tab. 6.21 Mittlere Wuchshöhen [cm] von *Senna obtusifolia* in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	33,3 <sup>b</sup>	8,3 <sup>a</sup>	20,8
	August	52,4 <sup>b</sup>	12,8 <sup>a</sup>	32,6
	Oktober	60,8	(15,0) <sup>1,2</sup>	(37,9)
	$\bar{x}$	<b>48,8<sup>b</sup></b>	<b>(12,0<sup>a</sup>)</b>	(30,4)

<sup>1</sup> Werte in Klammern (Teildatei: n < 5), da eingeschränktes *S. obtusifolia*-Vorkommen, <sup>2</sup> Einzelpflanze  
Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.



Fortsetzung Tab. 6.21 Mittlere Wuchshöhen [cm] von *Senna obtusifolia* in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
GS	Juni	27,4 <sup>b</sup>	8,4 <sup>a</sup>	17,9
	August	45,6	(10,3)	(27,9)
	Oktober	52,4	(55,0)	(53,7)
	$\bar{x}$	<b>41,8<sup>b</sup></b>	<b>(24,6<sup>a</sup>)</b>	(33,2)
KS	Juni	25,6 <sup>b</sup>	(7,5 <sup>a</sup> ) <sup>2</sup>	(16,5)
	August	74,2 <sup>b</sup>	(22,7 <sup>a</sup> )	(48,5)
	Oktober	100,0 <sup>b</sup>	(15,0 <sup>a</sup> ) <sup>2</sup>	(57,5)
	$\bar{x}$	<b>66,6<sup>b</sup></b>	<b>(15,1<sup>a</sup>)</b>	(40,9)
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	52,40 <sup>b</sup> $\pm$ 7,38	(17,23 <sup>a</sup> $\pm$ 3,79)	(34,83 $\pm$ 3,14)

<sup>1</sup> Werte in Klammern (Teildatei: n < 5), da eingeschränktes *S. obtusifolia*-Vorkommen, <sup>2</sup> Einzelpflanze  
Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

Der Vergleich der Wuchshöhen der Krautschicht (gesamt: 23 bzw. 16 cm, p = 0,006) und *S. obtusifolia* (gesamt: 52 bzw. 17 cm, p < 0,0001) in hoch und spärlich verunkrauteten Flächen findet sich detailliert im Anhang in den Tabellen A6.32-A6.34.

Nach dem *t*-Test für gepaarte Stichproben standen in der offenen Savanne zu allen Beobachtungsterminen in stark verunkrauteten Flächen und im Mittel der Verunkrautungsstufen stets höhere *S. obtusifolia*-Pflanzen im Vergleich zur Krautschicht (p ≤ 0,001). In diesem Ökotyp wurden außerdem signifikante Unterschiede zwischen den Wuchshöhen von *S. obtusifolia* während der Regenzeit ermittelt. Im Oktober gab es in spärlich verunkrauteten Flächen nur eine *S. obtusifolia*-Pflanze mit 15 cm. Deshalb konnte *S. obtusifolia* zu diesem Zeitpunkt nicht mit der Krautschicht verglichen werden (cf. Tab. 6.22).

In der geschützten Savanne fanden sich zu allen Zeitpunkten signifikant höhere *S. obtusifolia*-Pflanzen im Vergleich zur Krautschicht in hoch verunkrauteten Flächen. In Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte ergab sich keine Signifikanz (cf. Tab. 6.23).

Die Wuchshöhen von *S. obtusifolia* in der kultivierten Savanne sind zu allen Messpunkten in Flächen mit starker Verunkrautung signifikant (p < 0,0001) höher als die der restlichen Krautschicht. In den spärlich verunkrauteten Flächen waren im Juni und Oktober nur je eine *S. obtusifolia*-Pflanze in den 5 Wiederholungen (7,5 bzw. 15 cm), so dass kein Test möglich war. Im August und im Mittel der Beobachtungsperiode konnte kein signifikanter Unterschied zwischen *S. obtusifolia* und der Krautschicht nachgewiesen werden (Tab. 6.24).

Tab. 6.22 Vergleich der Wuchshöhen der Krautschicht mit *Senna obtusifolia* in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher Unkrautdicke im *t*-Test für gepaarte Stichproben

Monat	<i>S. obt.</i> - Dicke <sup>1</sup>	Differenzen d. Mittelwerte	SF d. Mittelwerts	T-Wert	FG	Signifikanz (2-seitig)
Juni	hoch	16,62	1,691	9,829	4	0,0010
	spärlich	2,20	0,655	3,359	4	0,0280
August	hoch	31,14	1,421	21,907	4	< 0,0001
	spärlich	5,08	0,885	5,739	4	< 0,0001
Oktober	hoch <sup>2</sup>	45,28	1,352	33,487	4	< 0,0001
$\bar{x}$	hoch	31,01	3,228	9,609	14	< 0,0001
	spärlich	3,46	0,663	5,221	10	< 0,0001

<sup>1</sup> *Senna obtusifolia* (n = 5); <sup>2</sup> Es werden keine Statistiken für Teildateien (Einzelpflanze in Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dicke) berechnet.

Tab. 6.23 Vergleich der Wuchshöhen der Krautschicht mit *S. obtusifolia* in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher Unkrautdicke im *t*-Test für gepaarte Stichproben

Monat	<i>S. obt.</i> - Dicke <sup>1</sup>	Differenzen d. Mittelwerte	SF d. Mittelwerts	T-Wert	FG	Signifikanz (2-seitig)
Juni	hoch	15,06	1,733	1,808	4	0,001
	spärlich	1,26	0,697	15,263	4	0,145 <sup>n.s.</sup>
August	hoch	25,02	2,955	8,468	4	0,001
	spärlich	- 3,90	1,931	- 3,498	2	0,073 <sup>n.s.</sup>
Oktober	hoch	24,46	4,727	5,174	4	0,007
	spärlich	18,30	22,100	0,828	1	n.s.
$\bar{x}$	hoch	21,51	2,176	9,885	14	< 0,0001
	spärlich	3,12	4,243	0,735	9	n.s. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Senna obtusifolia* (n = 5); <sup>2</sup> auch Vorzeichen-Test n.s.

Tab. 6.24 Vergleich der Wuchshöhen der Krautschicht mit *S. obtusifolia* in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher Unkrautdicke im *t*-Test für gepaarte Stichproben

Monat	<i>S. obt.</i> - Dicke <sup>1</sup>	Differenzen d. Mittelwerte	SF d. Mittelwerts	T-Wert	FG	Signifikanz (2-seitig)
Juni	hoch <sup>2</sup>	15,12	0,991	15,263	4	< 0,0001
August	hoch	30,98	1,065	29,100	4	< 0,0001
	spärlich	- 0,47	7,747	- 0,060	2	n.s.
Oktober	hoch <sup>2</sup>	57,48	3,539	16,240	4	< 0,0001
$\bar{x}$	hoch	34,53	4,817	7,167	14	< 0,0001
	spärlich	- 3,06	4,918	- 0,662	4	n.s.

<sup>1</sup> *Senna obtusifolia* (n = 5); <sup>2</sup> Es werden keine Statistiken für Teildateien (Einzelpflanze in Flächen mit spärlicher *S. obtusifolia*-Dicke) berechnet.

Der Vergleich der Mittelwerte der Wuchshöhe der Krautschicht über eine Vegetationsphase in drei Weideökotypen ergab allgemein signifikante Unterschiede zwischen der offenen und der geschützten sowie zwischen der offenen und der kultivierten Savanne im Games-Howell-Test (SACHS 1999: 650ff). Der Vergleich der geschützten mit der kultivierten Savanne verfehlte die Signifikanz. Die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* war im Mittelwertvergleich laut Median-Test in den einzelnen Ökotypen nicht signifikant unterschiedlich (Tab. A6.34).

Die möglichen Wechselbeziehungen zwischen der Wuchshöhe der Krautschicht und der von *S. obtusifolia* wurden mit nichtparametrischen Korrelationen nach Spearman ( $\rho_s$ ) ausgewertet (Tab. A6.35). In Flächen mit geringer Unkrautdichte fehlte *S. obtusifolia* in der offenen Savanne im Oktober und in der kultivierten Savanne im Juni bzw. Oktober, so dass hier keine Beziehung hergestellt werden konnte. Interessanterweise überwiegen in spärlich verunkrauteten Flächen negative Korrelationen, allerdings ohne Signifikanz. Das Vorkommen von *S. obtusifolia* war zu sporadisch. Eine konkrete Aussage lässt sich anhand der Datenlage nicht treffen. Die Beziehungen in hoch mit *S. obtusifolia* bestandenen Flächen sind dagegen überwiegend positiv, aber lediglich in der kultivierten Savanne im August signifikant ( $p = 0,005$ ). Das bedeutet, es können allgemein eher höhere Pflanzen insgesamt bei günstigeren Umweltbedingungen in dichten *S. obtusifolia*-Beständen erwartet werden. D.h., dass zumindest unter den geprüften Bedingungen eine Konkurrenzwirkung der Krautschicht durch die Wuchshöhe allein zur Unterdrückung von *S. obtusifolia* nicht erwartet werden kann, zumal die Wuchshöhe bei *S. obtusifolia* größer als bei dem Rest der Krautschicht war.

Abschließend zum Thema Vegetation der Krautschicht – ein Blick auf die Pflanzendichte, die insbesondere für die Bodenfruchtbarkeit und die potentielle Biomasse eine Rolle spielt: Eine hohe Bodenbedeckung der Krautschicht findet sich in der geschützten und der kultivierten Savanne, ungeachtet des Verunkrautungsgrads. Ebenfalls hohe Werte wurden zu Beginn und während der Regenzeit in der offenen Savanne in stark verunkrauteten Flächen ermittelt. Der Anteil der Pflanzen an der Bedeckung des Bodens sinkt hier im Oktober auf 25%. Dagegen konnte nur eine geringe Bodenbedeckung in Flächen mit spärlichem *S. obtusifolia*-Bewuchs in der offenen Savanne beobachtet werden. Tabelle 6.25 zeigt die Entwicklung des Bedeckungsgrads des Bodens über eine Vegetationsperiode.

Tab. 6.25 Schätzung des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> [%] der Vegetation in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	<i>S. obt.</i> -Dichte hoch	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	$\bar{x}$
OS	Juni	96,0 <sup>b</sup>	36,0 <sup>a</sup>	66,0
	August	98,0 <sup>b</sup>	22,0 <sup>a</sup>	60,0
	Oktober	25,0	25,0	25,0
	$\bar{x}$	<b>73,0<sup>b</sup></b>	<b>27,8<sup>a</sup></b>	50,3
GS	Juni	92,0 <sup>b</sup>	82,0 <sup>a</sup>	87,0
	August	90,0 <sup>b</sup>	80,0 <sup>a</sup>	85,0
	Oktober	70,0	60,0	65,0
	$\bar{x}$	<b>84,0<sup>b</sup></b>	<b>74,0<sup>a</sup></b>	79,0
KS	Juni	100,0 <sup>b</sup>	89,0 <sup>a</sup>	94,5
	August	100,0 <sup>b</sup>	84,0 <sup>a</sup>	92,0
	Oktober	60,0	65,0	62,5
	$\bar{x}$	<b>86,7</b>	<b>79,3</b>	83,0
WÖT	$\bar{x}_{\text{ges}} \pm \text{SF}$	81,23 <sup>b</sup> ± 4,19	60,37 <sup>a</sup> ± 16,35	70,77 ± 10,30

<sup>1</sup> inklusive *Senna obtusifolia*; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in derselben **Zeile** unterscheiden sich signifikant voneinander.

In allen Weideökotypen wurde während der Vegetationszeit (Juni und August) eine signifikant höhere Bodenbedeckung in hoch verunkrauteten Flächen festgestellt. Im Oktober sowie im Mittel der kultivierten Savanne bestehen dagegen keine Unterschiede (Tab. A6.36-A6.40). Letzteres wird als Hinweis auf die hohe Flächendeckung in der kultivierten Savanne und die daraus resultierende Konkurrenzkapazität dieser Weide gewertet. In der offenen Savanne ergaben zu diesem Zeitpunkt sämtliche Messungen 25%, so dass sich ein statistischer Test erübrigt. Die Betrachtung der Mittelwerte (Tab. 6.25) über eine Vegetationsperiode und beide *S. obtusifolia*-Dichten ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ökotypen (Tab. A6.27). Die Ergebnisse des Median-Tests (Tab. A6.41) zeigen jedoch, dass in der offenen und geschützten Savanne sowie über alle Weideökotypen gemittelt, wo dichte *S. obtusifolia*-Bestände auftreten, eine signifikant höhere Bodenbedeckung verglichen mit Flächen, die spärlich mit *S. obtusifolia* bewachsenen sind, vorkommt. In der kultivierten Savanne blieb dieser Unterschied aus.

In Abbildung 6.1 sind abschließend die Anteile der Krautschicht mit den Komponenten: *Senna obtusifolia*, Kräuter und Gräser in Abhängigkeit von der Bodenbedeckung in hoch und spärlich verunkrauteten Flächen ins Verhältnis gesetzt. Zum Vergleich wurde die Wuchshöhe der Krautschicht und *S. obtusifolia* hinzugezogen. Dabei wurde von der mittleren Pflanzen-

dichte bzw. -höhe während der Regenzeit (Juni, August) und der beginnenden Trockenzeit (Oktober) ausgegangen.

In Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte wird das Ausmaß der Verunkrautung in allen Weideökotypen im Jahresmittel deutlich. Mit ca. 42% ist die offene Savanne am meisten betroffen. Im Einzelfall ( $n = 5$ ) beträgt die *S. obtusifolia*-Dichte ca. 30% in den eingezäunten Weiden. Eine derartig hohe Unkrautdichte wurde lediglich in den Vorversuchsflächen der geschützten Savanne ermittelt (Kapitel 7), so dass hier von einer Ausnahme, insbesondere in der kultivierten Savanne, gesprochen werden kann. Bei relativ geringer Pflanzenanzahl wird dennoch eine hohe Bodenbedeckung erreicht. Diese wird in der offenen Savanne durch den hohen Anteil von *S. obtusifolia* verursacht.

In allen Weideökotypen sind die *S. obtusifolia*-Pflanzen im Mittel doppelt so hoch wie die übrigen Pflanzen. In der offenen Savanne dominiert *S. obtusifolia* bei hoher Unkrautdichte die Vegetation der Krautschicht durch Anzahl und Wuchshöhe. In den eingezäunten Weiden gibt es eine relativ geschlossene Pflanzendecke, wobei die *S. obtusifolia*-Dichte unter der Anzahl der Gräser und Kräuter bleibt.

In Flächen mit geringer Verunkrautung stehen nur vereinzelt *S. obtusifolia*-Pflanzen. Die Krautschicht der offenen Savanne ist trotz eines hohen Vorkommens an Gräsern und Kräutern prinzipiell als lückig, niedrig und dünn zu charakterisieren. In den eingezäunten Weideökotypen ist eine relativ konstante und dichte Krautschicht, indes niedrig, vorhanden.

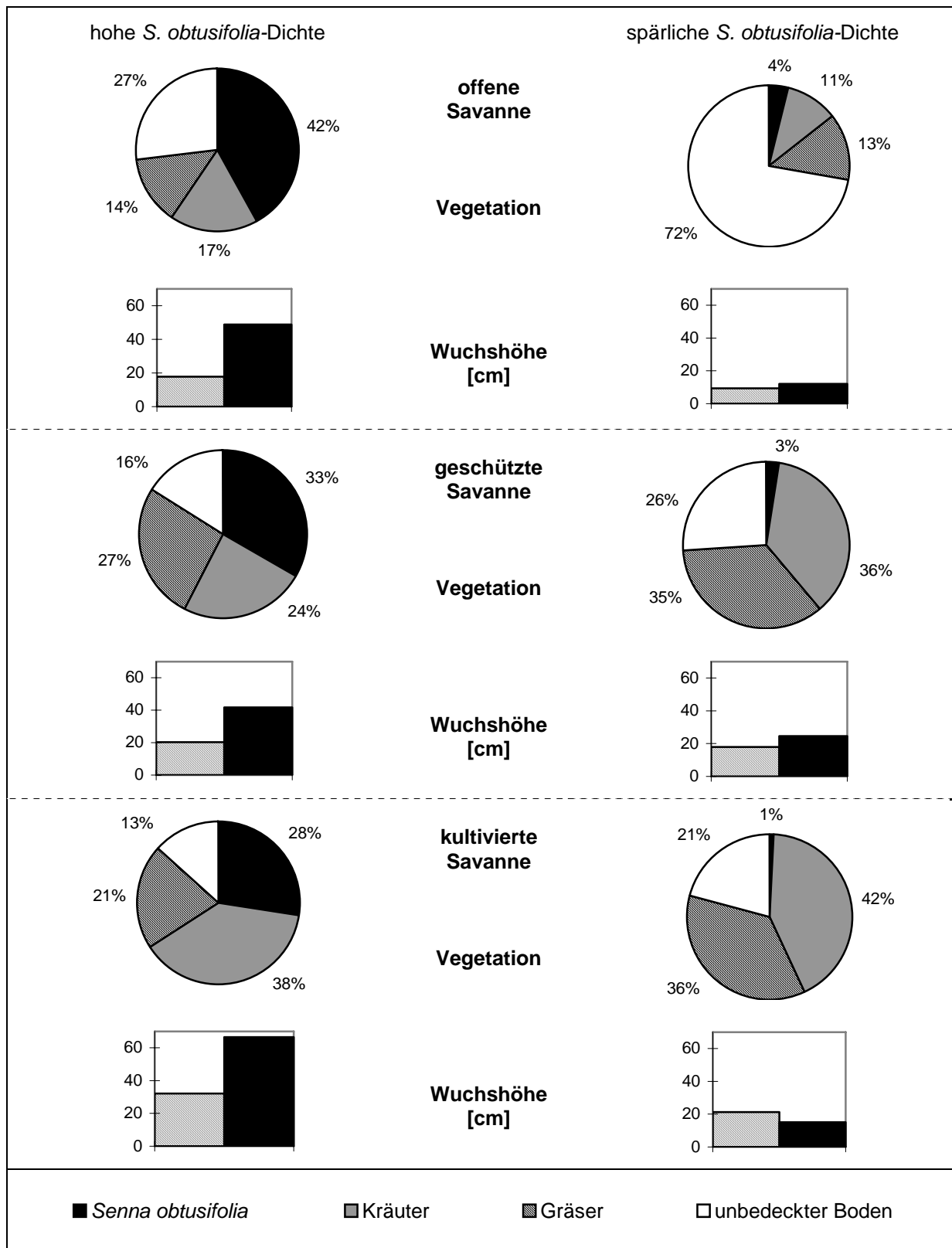


Abb. 6.1 Vergleich der Vegetation der Krautschicht in drei Weideökotypen im Mittel 1996: Abundanz in Relation zum unbedeckten Boden und Wuchshöhe ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Synthese aus Tab. 6.4, 6.12-13; 6.25 u. Tab. 6.20-21 (Wuchshöhe Krautschicht umfasst Gräser u. Kräuter)

Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte in den eingezäunten Weideökotypen können als Szenario für eine experimentelle Verunkrautung dieser Weiden und die Konkurrenzwirkung einer dichten Vegetation auf *S. obtusifolia* gewertet werden. Zur Kontrolle des Verhaltens von *S. obtusifolia* ist eine langfristige Beobachtung dieser Parzellen notwendig. Dabei ist mit erheblichen Schwankungen des *S. obtusifolia*-Bestands zu rechnen. Diese sind u.a. von der Vorjahrespopulation und der damit verbundenen Samenproduktion sowie von der Bodenbedeckung der Krautschicht und ihrer Wirkung im Wettbewerb mit *S. obtusifolia* abhängig. Die Niederschlagssumme scheint dabei für *S. obtusifolia* von untergeordneter Rolle zu sein; eher sind der Termin (Beginn der Regenzeit), die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge und mikroklimatischen Verhältnisse sowie die Topographie (Reliefdepressionen) und die Bodenmerkmale (Wasserkapazität, Drainage) und schließlich die Beweidung durch Nutztiere (Trifftwege, Bodenkompaktierung, Sameneintrag, Defoliation) von Bedeutung.

### 6.3.2 *Senna obtusifolia*-Bedeckungsgrad

In diesem Abschnitt wird auf die Entwicklung und Veränderung des Anteils von *S. obtusifolia* an der Bodenbedeckung eingegangen. Die Ergebnisse der Erfassung des Bedeckungsgrads durch *S. obtusifolia* über eine Vegetationsperiode in drei Weideökotypen sind in Abbildung 6.2 dargestellt (cf. Tab. A6.42).

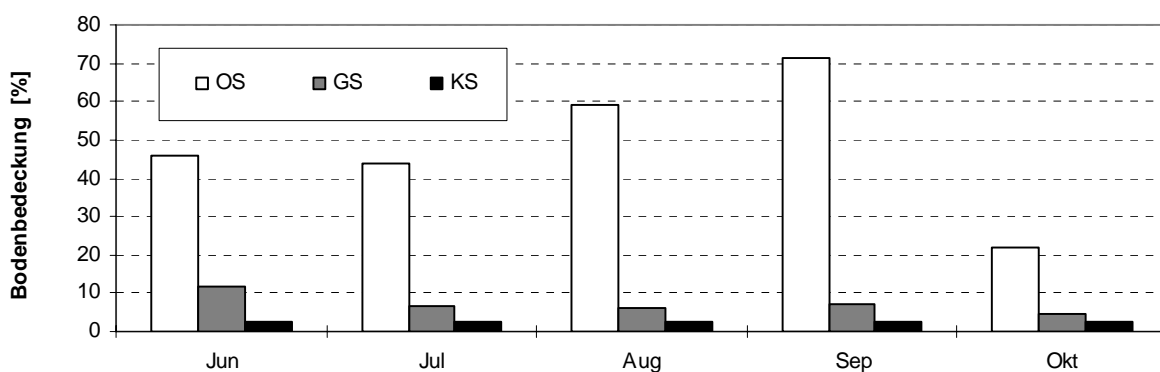


Abb. 6.2 Bodenbedeckungsgrad von *Senna obtusifolia* [%] nach Daubenmire in drei Weideökotypen im Verlauf der Vegetationsphase 1996 (n = 20; 0,25 m<sup>2</sup>)

Aus Abbildung 6.2 wird deutlich, dass *S. obtusifolia*-Pflanzen bzw. -Blätter den Boden der offenen Savanne zu über 40% (maximal 70%) in der Regenzeit bedecken. Es konnte hier eine steigende Populationsdichte von *S. obtusifolia* bis September beobachtet werden. Zu Beginn der Trockenzeit sank der Anteil auf 20%, bedingt durch Ausdünnung. Für die geschützte Savanne wurden im Mittel Anteile von 5-10% beobachtet. Die geschützte Savanne wies die

höchste Dichte mit 11% im Juni aus. Es folgte eine gleichbleibend niedrige Bestandsdichte von *S. obtusifolia* bis September (6-7%). Im Oktober sank sie geringfügig auf 4%. Die kultivierte Savanne zeigt eine konstant niedrige Bodenbedeckung mit *S. obtusifolia* (2,5%).

Der Verunkrautungsgrad ist somit in der offenen Savanne am höchsten. Mit Hilfe des ANOVA-F-Tests konnte ein signifikanter Einfluss des Weideökotyps ( $p < 0,0001$ ), in diesem Fall die offene Savanne, im Vergleich zu den anderen Weideökotypen, nachgewiesen werden. Nach dem ANOVA-F-Test ist auch ein signifikanter Effekt des Beobachtungsmonats ( $p = 0,0255$ ) auf die *S. obtusifolia*-Population zu verzeichnen. Zwischen Weideökotyp und Beobachtungstermin konnte keine signifikante Beziehung hergestellt werden, d.h. es gibt zwar einen einheitlichen zeitlichen Verlauf der *S. obtusifolia*-Population, der aber nicht vom Ökotyp beeinflusst wird (cf. Tab. 6.26).

Tab. 6.26 Bodenbedeckungsgrad von *Senna obtusifolia* [%] nach Daubenmire in drei Weideökotypen im Verlauf der Vegetationsphase 1996 im ANOVA-F-Test ( $n = 20$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Weideökotyp	1,60	299,68	$< 0,0001$
Monat	3,65	2,89	0,0255
Weideökotyp*Monat	5,80	1,78	0,1094 <sup>n.s.</sup>

Die Untersuchungen wurden in einem normalen Niederschlagsjahr (1996 = 669 mm) durchgeführt. Der Gesamtmittelwert über eine Vegetationsperiode in den drei Weideökotypen betrug 19% Bodenbedeckung mit *S. obtusifolia*. Die offene Savanne lag bei 48%, die geschützte Savanne bei 7% und die kultivierte Savanne bei 2,5%. Zieht man die Erkenntnisse der Entwicklungsstudie (Abschnitt 5.3.4) hinzu, die in einem regenarmen (1995 = 479 mm) und einem mittleren Jahr (1996) erhoben wurde, so ergibt sich eine Steigerung des Gesamtmittelwerts des *S. obtusifolia*-Bestands von 1995 (5,2 Pflanzen) auf 1996 (7,2 Pflanzen auf  $0,25 \text{ m}^2$ ), was einer Erhöhung der *S. obtusifolia*-Gesamtpopulation um 28% entspricht. Vergleicht man weiterhin die Gesamtmittelwerte der *S. obtusifolia*-Anzahl (Juni, August, Oktober) in den Kontrollparzellen des Vor- und Hauptversuchs (Kapitel 7) über alle Ökotypen, dann kommen in einem niederschlagsreichen Jahr (1994 = 973 mm) 20,3 Pflanzen; in einem normalen Jahr (1996) 14,8 und in einem trockenen Jahr (1995) 10,6 im Zählquadrat vor. In trockenen Jahren sinkt die *S. obtusifolia*-Dichte um 4,2 Pflanzen (28%), was der zuvor genannten Relation entspricht, während sie in feuchten Perioden um 5,5 Pflanzen (37%) steigt. Es sind also Veränderungen des *S. obtusifolia*-Bestandes von  $\pm 30\%$  zu erwarten. Die Reaktion



der anderen Vegetationskomponenten (Gräser, Kräuter) auf wechselnde Niederschläge wurde in diesem Zusammenhang nicht untersucht.

#### 6.4 Zusammenfassende Schlussfolgerung

- Die Anteile der Bodenbedeckung ausschließlich durch *S. obtusifolia* allein betragen im Mittel 48, 7 und 3% in der offenen, der geschützten und der kultivierten Savanne. Dies ist ein Maß für den Grad der Verunkrautung (Quantifizierung) und das Risiko der Degradierung, das in der offenen Savanne hoch und in den eingezäunten Weideökotypen niedrig bis gering ist.
- Die mittlere Bodenbedeckung durch die gesamte Krautschicht einschließlich *S. obtusifolia* zeigt in der offenen Savanne große Lücken von 30-70% und jeweils 15-25% in den eingezäunten Weideökotypen, wobei die spärlich verunkrauteten Flächen in der offenen und geschützten Savanne die geringeren Werte aufweisen. Das kann als Folge des niedrigen *S. obtusifolia*-Bestands gewertet werden. Die höheren Werte in stark verunkrauteten Flächen werden somit überwiegend durch *S. obtusifolia* verursacht. Die Bodenuntersuchungen lieferten im Wesentlichen keine Hinweise auf Unterschiede der Bodenstruktur und -qualität zwischen hoher und spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte, so dass die Ursachen für solche Schwankungen in Faktoren wie z.B. Durchwurzelung, Mikroklima, Niederschlagsverteilung, Topographie oder Trifftwegnähe gesucht werden müssen.
- Die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* ist in dichten Beständen höher als in spärlichen; und im Mittel höher als die Pflanzen der Krautschicht. Dies deutet auf das Wachstums- und Konkurrenzpotential von *S. obtusifolia* hin. Je größer die Bodenbedeckung der Krautschicht, desto mehr *S. obtusifolia*-Pflanzen und folglich ein stärkerer intraspezifischer Konkurrenzdruck. Sind eine relativ geschlossene Vegetationsdecke und nur wenige *S. obtusifolia*-Pflanzen vorhanden, wie im Fall der eingezäunten Weiden, kann die Krautschicht das Wachstum von *S. obtusifolia* unterdrücken (interspezifische Konkurrenz).
- Die offene Savanne ist durch Degradierung gekennzeichnet. Diese äußert sich in einer im Jahresmittel hohen *S. obtusifolia*-Bodenbedeckung und starken Schwankungen bei der Anzahl der Gräser und Kräuter sowie im Bodenbedeckungsgrad der Krautschicht insgesamt. Das Rehabilitationspotential wird jedoch in Flächen mit geringer Verunkrautung deutlich.
- Die geschützte und die kultivierte Savanne zeigen durch eine höhere Bodenbedeckung und eine dichte Krautschicht bei einer relativ geringen *S. obtusifolia*-Anzahl im Jahresmittel,

dass es möglich ist, die Verunkrautung durch *S. obtusifolia* zu verringern und verhältnismäßig stabile Futterversorgung zu gewährleisten.

## 7 Eigene Untersuchungen zur Kontrolle von *Senna obtusifolia*

### 7.1 Ziel

Die Untersuchungen zur Kontrolle von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne Nordwestnigerias wurden durchgeführt um:

- mechanische,
- chemische und
- kulturtechnische (Graseinsaat) Verfahren

zu evaluieren. Dabei sollte die Wirksamkeit der Kontrollmaßnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten der phänologischen Entwicklung in Bezug auf das Wachstum und den Wiederaufwuchs von *S. obtusifolia* mit dem Ziel der Verhinderung der Frucht- und Samenbildung und somit der Vermehrung und Verbreitung dieser Pflanzenart überprüft werden.

### 7.2 Mechanische Verfahren zur Kontrolle von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen (Vorversuch 1993)

#### 7.2.1 Material und Methoden

Im September 1993 (Ende der Regenzeit) wurden in der offenen, der geschützten und der kultivierten Savanne Parzellen zur Evaluierung des Einflusses von Kontrollmaßnahmen auf den Wiederaufwuchs von *S. obtusifolia* angelegt. Für den Vorversuch wurden gezielt Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte in den drei Weideökotypen ausgesucht: 14-16 Pflanzen in der offenen Savanne, 4-6 Pflanzen in der geschützten Savanne und 0-2 Pflanzen in der kultivierten Savanne je 0,25 m<sup>2</sup>. Die Versuchsanlage ist aus den Abbildungen A5.1 und A7.1 im Anhang ersichtlich. Die Parzellen (3 m<sup>2</sup>) wurden mit Holzpflocken und Stacheldraht abgegrenzt. Die *S. obtusifolia*-Pflanzen hatten das phänologische Stadium der Blüte und den Beginn der Hülsenbildung erreicht. Die mittlere Wuchshöhe betrug 70 cm. Zwei Behandlungsmethoden wurden im Oktober 1993 geprüft: Jäten bzw. Schnitt (n = 5) wurden mit der unbehandelten Kontrolle (n = 3) verglichen. Die Jätevarianten wurden manuell ausgeführt, indem die *S. obtusifolia*-Pflanzen mit der Wurzel aus dem Boden gezogen wurden. Die Schnittvarianten wurden mit einer Sichel durchgeführt, indem die *S. obtusifolia*-Pflanzen ca. 10 cm oberhalb des Bodens abgeschnitten wurden. Gräser und andere Kräuter wurden nicht beim Jäte- bzw. Schneidvorgang erfasst. Das gejätete Pflanzenmaterial bzw. das Schnittgut wurde sorgfältig aus den behandelten Flächen entfernt, um ein Aussamen zu vermeiden und eine Erfassung des Wiederaufwuchses zu ermöglichen. In den Parzellen wurden vor der Behandlung die *S. obtu-*

*sifolia*-Pflanzendichte ( $0,25 \text{ m}^2$ ) ausgezählt. In den Folgejahren 1994/96 wurden diese Flächen zu Beginn (Juni), während der Regenzeit (August) und zu Beginn der Trockenzeit (Oktober) auf *S. obtusifolia*-Pflanzen geprüft. Die Erfassung der *S. obtusifolia*-Dichte erfolgte getrennt nach Keimlingen (2-Blattstadium) und wachsenden Pflanzen (cf. Abschnitt 5.2.4).

Die statistische Auswertung der *S. obtusifolia*-Anzahl für die jeweilige Behandlung erfolgte getrennt nach Keimlingen (2-Blattstadium) und wachsenden Pflanzen. Das verwendete Modell ist eine Varianzanalyse mit Post-Hoc-Tests (BÜHL & ZÖFEL 2005: 401). Soweit Varianzhomogenität der Gruppen und Normalverteilung der Residuen gegeben war, konnten der Tukey-Test, der Dunnett-T3-Test und bei Bedarf der Dunnett-Test (Vergleich mit Kontrollparzellen) verwendet werden. Für die Fälle, bei denen keine Varianzhomogenität, sondern lediglich Normalverteilung gegeben war, konnte nur der Dunnett-T3-Test genutzt werden. Bei nicht gegebenen Voraussetzungen wurde der Binomial-Test verwendet.

Um den Wiederaufwuchs bzw. das Unkrautpotential von *S. obtusifolia* zu untersuchen, wurden die jeweiligen Monate verschiedener Jahre nach der Behandlung miteinander verglichen. Eine Gegenüberstellung der *S. obtusifolia*-Bestände (Keimpflanzen separat vom Rest) für den Monat Juni 1994, 1995 und 1996 wurde mittels Mehrfachvergleich getrennt nach Weideökotyp und Methode durchgeführt. Eine Varianzhomogenität konnte nicht hergestellt werden. Mit Hilfe der Logarithmus-(ln)-Transformation wurde die Normalverteilung der Daten der großen *S. obtusifolia*-Pflanzen erreicht. Es wurden der Tukey-Test, der LSD-Test und der Games-Howell-Test verwendet (SACHS 1999: 629ff.). Der Vergleich der *S. obtusifolia*-Population für den Monat August 1994, 1995 und 1996 erfolgte mittels LSD-Test nach Fisher. Zur Ermittlung der Unterschiede bei den Keimpflanzen im Juni bzw. August wurde der Binomial-Test angewendet.

Für den Nachweis eines Einflusses des Beobachtungsjahres, Weideökotyp und Methode (Kontrolle und Behandlung zusammengefasst, da sonst die Fallzahl zu gering; HOLLENHORST pers. Mitteil. 2003) auf die *S. obtusifolia*-Dichte, ein bzw. zwei Jahre nach der Behandlung, wurden in SPSS die Daten nach Terminen getrennt und Ränge gebildet, da für eine Varianzanalyse die Voraussetzungen nicht erfüllt wurden. Anschließend wurde in SAS mit Hilfe einer Rangvarianzanalyse nach Akritas, Arnold & Brunner die *S. obtusifolia*-Anzahl der Monate Oktober 1993 mit jeweils Oktober 1994, 1995 und 1996 verglichen (HOLLENHORST pers. Mitteil. 2003).

### 7.2.2 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 7.1 sind der Gesamtpflanzenbestand und der Wiederaufwuchs von *S. obtusifolia* in der offenen und der geschützten Savanne graphisch dargestellt. Die Entwicklung der *S. obtusifolia*-Population über den Zeitraum von Oktober 1993 bis Oktober 1996 ist in den Tabellen A7.1 bis A7.4, getrennt nach Keim- und wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen, aufgeführt. Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen sind in den Tabellen A7.1 bis A7.4 und A7.7 bis A7.9 für die offene und geschützte Savanne dokumentiert.

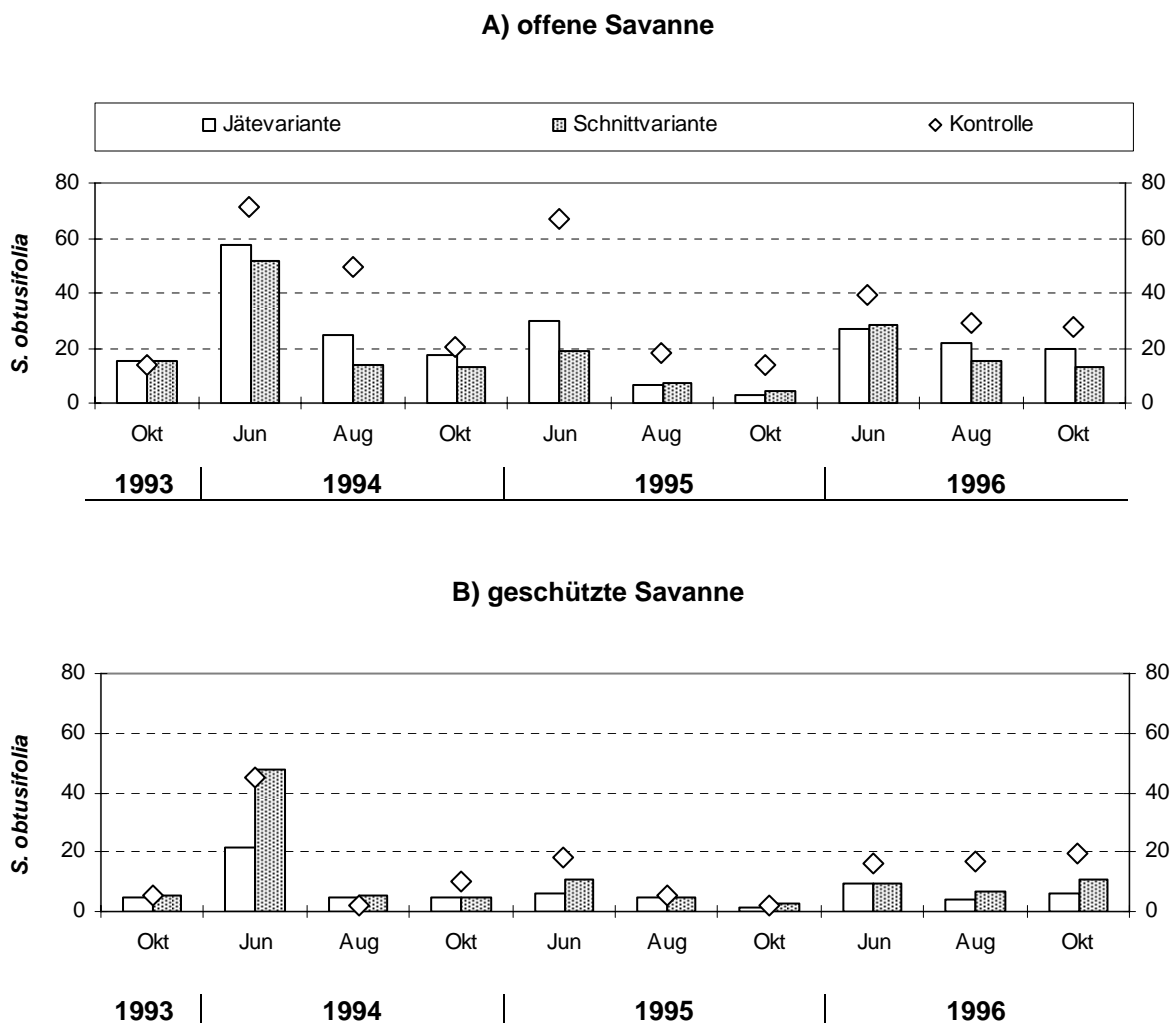


Abb. 7.1 Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen insgesamt in den Jäte- und Schnittvarianten ( $n = 5$ ,  $n_0 = 3$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ ) in der offenen (A) und in der geschützten (B) Savanne in den Parzellen des Vorversuchs 1993-96

In der offenen Savanne lag die Ausgangsdichte von *S. obtusifolia* im Oktober 1993 bei etwa 15 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$ . Eine nochmalige Erfassung im November des Behandlungsjahres zeigte keinen Wiederaufwuchs von *S. obtusifolia*. Nach dem Jäten oder Schneiden im Oktober

1993 regenerierten sich die *S. obtusifolia*-Bestände zu Beginn der nachfolgenden Regenzeit durch Keimung aus dem Bodensamenvorrat. Es wurden 50-70 Pflanzen in allen Parzellen gezählt. Sämtliche *S. obtusifolia*-Pflanzen waren im 2- und 6-Blattstadium. Zu späteren Zeitpunkten konnte kein 2-Blattstadium beobachtet werden. Im August 1994 konnte nach dem Tukey-Test eine signifikant höhere *S. obtusifolia*-Dichte in der Kontrolle gegenüber den Behandlungen festgestellt werden. Die Anzahl von *S. obtusifolia* sinkt bis zum Ende der Vegetationsphase 1994 auf etwa 20 Pflanzen in allen Parzellen. Im Folgejahr kommt es zu einem mäßigen Wiederaufwuchs in den behandelten Parzellen von 20-30 *S. obtusifolia*-Pflanzen (2-Blattstadium). Nach dem Tukey-Test ergaben sich für die Behandlungen sowohl in der Anzahl der Keimlinge als auch der wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen eine geringere Verunkrautung als in der Kontrolle. Im August und Oktober 1995 wurde ein relativ geringer Verunkrautungsgrad von 3-7 *S. obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen festgestellt. Im Oktober war dieser Unterschied nach dem Tukey-Test signifikant. Im Beobachtungsjahr 1996 wurde ebenfalls ein mäßiger Wiederaufwuchs registriert. Es gab nur etwa 1-2 *S. obtusifolia*-Keimlinge je Quadrat, jedoch etwa 25 bereits entwickelte Pflanzen. Die Anzahl der *S. obtusifolia*-Pflanzen sinkt leicht zum Oktober auf unter 20 und erreicht somit den Ausgangsstatus vom Oktober 1993. Die Kontrolle folgt dem Trend der behandelten Parzellen mit höheren Pflanzendichten, wobei im Oktober 1996 etwa 30 *S. obtusifolia*-Pflanzen erreicht werden. Es konnte zu keinem Zeitpunkt ein Unterschied zwischen den Behandlungen festgestellt werden.

In den Parzellen der geschützten Savanne wurden im Oktober 1993 *ca.* 5 Pflanzen pro 0,25 m<sup>2</sup> gezählt. Damit liegt die Ausgangsdichte unter der in der offenen Savanne. Im November 1993 wurden keine *S. obtusifolia*-Pflanzen in den behandelten Flächen gefunden. Im Juni 1994 wurde ein starker Wiederaufwuchs durch Keimung aus der Bodensamenbank mit *ca.* 47 *S. obtusifolia*-Pflanzen (davon 2,2 Pflanzen im 2-Blattstadium) in den Schnittvarianten verzeichnet. In den Jätevarianten waren es *ca.* 20 Pflanzen. Während der Regen- und zu Beginn der Trockenzeit wurden jeweils 5 Pflanzen in den Behandlungen gezählt. Die Kontrolle wies nach dem Tukey-Test lediglich im Oktober zur Jätevariante eine signifikant höhere Verunkrautung auf. Im Juni 1995 wurde ein mäßiger Wiederaufwuchs in den Schnittvarianten von *ca.* 13 Pflanzen (6 in den Jätevarianten) mit geringer Keimaktivität (1-3 Pflanzen im 2-Blattstadium) beobachtet. Offensichtlich befinden sich 1995 nicht mehr genügend Samen im Boden, um zu einer ähnlich massiven Invasion wie 1994 zu führen. Nach dem Dunnett-T3-Test unterscheiden sich die Kontrolle und die Jätevariante signifikant voneinander. Zum

Ende der Vegetationsperiode lag die Pflanzendichte ohne Unterschied bei etwa 3 *S. obtusifolia*-Pflanzen. Gleiche Pflanzendichten für beide Varianten wurden zu Beginn der Regenzeit 1996 mit 10 Pflanzen festgestellt. Es wurden keine 2-Blattpflanzen gefunden. Im August wurde nach dem Tukey-Test eine signifikant höhere Anzahl *S. obtusifolia* in der Kontrolle verzeichnet. Dabei unterschieden sich die Behandlungen nicht voneinander. Im Oktober wurde eine leichte Zunahme der Pflanzendichte im Vergleich zum August auf 10 Pflanzen in den Schnitt- und 6 Pflanzen in den Jätevarianten beobachtet. Ähnlich wie in der offenen Savanne folgt auch hier die Kontrollvariante dem Trend der Behandlungen, aber auf einem höheren Niveau. Die *S. obtusifolia*-Dichte lag im Oktober 1996 bei ca. 20 Pflanzen pro Messquadrat in den Kontrollparzellen. Diese Steigerung ist (ähnlich der in der offenen Savanne) möglicherweise auf einen Wiederaufbau der Samenvorräte im Boden oder auf klimabedingte Veränderungen zurückzuführen. Es wurde nach dem Dunnett-T3-Test in der Kontrolle signifikant mehr *S. obtusifolia*-Pflanzen als in der Jätevariante. Die Schnittvariante unterschied sich weder von den gejäteten Parzellen noch von der unbehandelten Kontrolle.

In Abbildung 7.2 ist der *S. obtusifolia*-Bestand insgesamt für die kultivierte Savanne graphisch dargestellt.

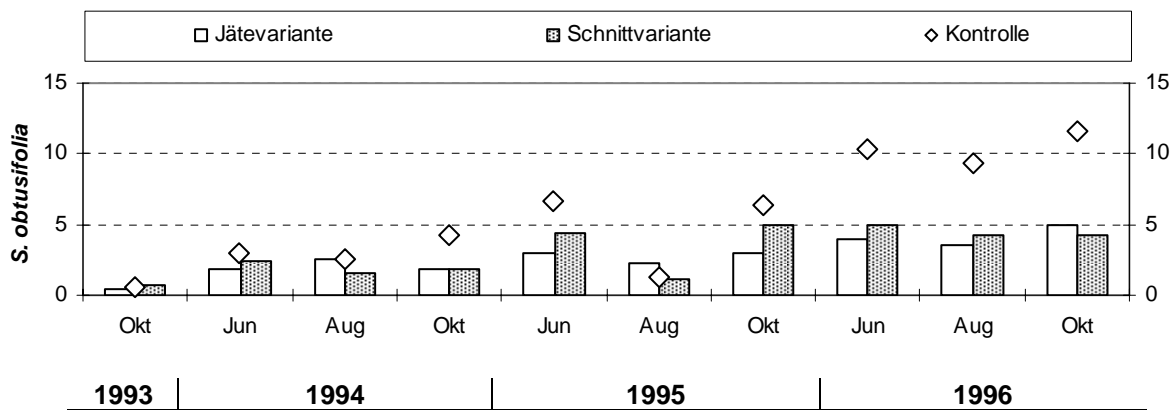


Abb. 7.2 Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen insgesamt in den Jäte- und Schnittvarianten ( $n = 5$ ,  $n_0 = 3$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ ) in der kultivierten Savanne in den Parzellen des Vorversuchs 1993-96

Um eine optimale Darstellung der Ergebnisse zu erreichen, wurde in Abbildung 7.2 eine andere Skaleneinteilung als in Abbildung 7.1 verwendet. Dadurch ist ein direkter Vergleich innerhalb der Abbildung 7.1 gegeben, jedoch mit Abbildung 7.2 nicht möglich. Deshalb wird die kultivierte Savanne separat von den übrigen Ökotypen dargestellt. Die Entwicklung der *S. obtusifolia*-Population über den Zeitraum von Oktober 1993 bis Oktober 1996 ist in den

Tabellen A7.5 und A7.6 getrennt nach Keim- und wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen aufgeführt. Die Ergebnisse der Mehrfachvergleiche sind in den Tabellen A7.6 und A7.10 im Anhang dargestellt.

Die Parzellen der kultivierten Savanne waren im Oktober 1993 mit 0,5 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> praktisch unkrautfrei. Eine Zählung der *S. obtusifolia*-Pflanzen im November 1993 ergab in den behandelten Parzellen keinen Wiederaufwuchs. In den Parzellen der kultivierten Savanne gab es offensichtlich nicht den notwendigen Samen, so dass hier die *S. obtusifolia*-Dichte im Juni 1994 gering war. Im Oktober 1994 unterscheidet sich die Kontrolle nach dem Dunnett-Test signifikant von den Behandlungen. In den Folgejahren stieg die *S. obtusifolia*-Dichte graduell an. Die Anzahl von *S. obtusifolia* lag im Oktober 1996 bei 4-5 Pflanzen in den Behandlungen. Die Kontrollparzellen zeigten einen Anstieg auf etwa 12 Pflanzen. Für die Monate August und Oktober 1996 konnte nach dem Tukey-Test jeweils ein signifikanter Unterschied zwischen den Behandlungen und der Kontrolle nachgewiesen werden. Im gesamten Untersuchungszeitraum konnte nur geringe Keimaktivität (0,25-0,5 Pflanzen im 2-Blattstadium) nachgewiesen werden.

In der offenen Savanne konnte im Juni 1995 in der Jätevariante wie in der Kontrolle ein signifikanter Anstieg der Keimpflanzen im Vergleich zu Juni 1994 festgestellt werden. In allen übrigen Fällen kam es zu einer Reduktion der Anzahl der Keimpflanzen, die im Juni-Vergleich im Wesentlichen signifikant und im August nicht signifikant ausfiel. Die wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen zeigten im Juni 1995 einen Rückgang im Vergleich zu Juni 1994. Dagegen wurde von Juni 1995 zu Juni 1996 ein Anstieg der Populationsdichte registriert. Dennoch erreichte die Unkrautdichte im Juni 1996 nicht die Werte wie im Juni 1994 (Tab. A7.11-A.12 und A7.16-A7.17).

In der geschützten Savanne konnten bei den Keimpflanzen bis auf den Vergleich der Kontrolle im Juni 1994/95 (Anstieg) keine signifikanten Veränderungen ermittelt werden. Die Entwicklung der wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen zeigt einen Rückgang der Pflanzendichte im Juni des Folgejahres sowie im dritten Jahr nach der Behandlung. Im Games-Howell-Test konnte lediglich für die Schnittvariante im Vergleich Juni 1994/96 eine Signifikanz mit  $p = 0,024$  nachgewiesen werden. Die Kontrollparzellen unterschieden sich nach dem LSD-Test im Juni 1994, verglichen mit 1995/96 signifikant, wobei es sich ebenfalls um eine Reduktion handelt. Die *S. obtusifolia*-Dichte im August ist über die Jahre in den behandelten Flächen konstant, steigt aber von August 1994 bzw. 1995 zu 1996 signifikant in den Kontrollparzellen an (Tab. A7.13-A7.14 und A7.18).



In der kultivierten Savanne lässt sich die *S. obtusifolia*-Bestandsentwicklung relativ einfach darstellen. Bis auf einige wenige Ausnahmen stieg die Pflanzendichte in allen Fällen an, verfehlte jedoch die Signifikanz. Einzig der Rückgang der *S. obtusifolia*-Keimpflanzen von Juni 1995 auf 1996 war im Binomial-Test signifikant (Tab. A7.15 und Kommentar).

In den Tabellen 7.1 bis 7.3 sind die Ergebnisse des ANOVA-F-Tests für die *S. obtusifolia*-Dichte für Oktober dargestellt, da diese für die Samenproduktion und -verteilung relevant sind. Es wurde der Monat Oktober 1993 mit Oktober 1994, 1995 und 1996 verglichen. Unter dem Begriff Methode wird in diesen Tabellen sowohl die Behandlung als auch Kontrolle verstanden.

Tab. 7.1 Vergleich der *Senna obtusifolia*-Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1994 in den Vorversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test ( $n = 39$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Jahr	1,00	17,02	0,000037
Weideökotyp	1,98	264,08	< 0,0001
Methoden	2,00	6,51	0,00149
Jahr*Weideökotyp	1,98	4,01	0,01847
Jahr*Methoden	2,00	8,14	0,000292
Weideökotyp*Methoden	3,86	1,68	0,1538 <sup>n.s.</sup>
Jahr*Weideökotyp*Methoden	3,86	0,19	n.s.

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Tab. 7.2 Vergleich der *Senna obtusifolia*-Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1995 in den Vorversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test ( $n = 39$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Jahr	1,00	7,25	0,00709
Weideökotyp	1,96	59,18	< 0,0001
Methoden	1,65	8,19	0,000716
Jahr*Weideökotyp	1,96	62,80	< 0,0001
Jahr*Methoden	1,65	6,63	0,00268
Weideökotyp*Methoden	3,18	1,97	0,1122 <sup>n.s.</sup>
Jahr*Weideökotyp*Methoden	3,18	2,47	0,05631 <sup>n.s.</sup>

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Tab. 7.3 Vergleich der *Senna obtusifolia*-Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1996 in den Vorversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test ( $n = 39$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Jahr	1,00	98,14	$< 0,0001$
Weideökotyp	1,97	174,13	$< 0,0001$
Methoden	1,76	15,20	$< 0,0001$
Jahr*Weideökotyp	1,97	27,31	$< 0,0001$
Jahr*Methoden	1,76	17,48	$< 0,0001$
Weideökotyp*Methoden	3,40	3,41	0,0243
Jahr*Weideökotyp*Methoden	3,40	1,44	n.s.

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Das Ergebnis der Rangvarianzanalyse (Tab. 7.1) für die Monate Oktober 1993 und 1994 zeigt signifikante Einflüsse des Beobachtungsjahres, Weideökotyp, Methoden sowie der Wechselwirkungen von Jahr mit Weideökotyp und Jahr mit Methoden auf die *S. obtusifolia*-Dichte. Dabei ergaben sich die deutlichsten Unterschiede zwischen den Beobachtungsterminen ( $p = 0,000037$ ) und zwischen den Weideökotypen ( $p < 0,0001$ ). Bei der Wechselwirkung Weideökotyp mit Methoden und der Dreifach-Wechselwirkung Jahr, Weideökotyp mit Methoden konnten keine Signifikanzen ermittelt werden.

Im Vergleich der *S. obtusifolia*-Dichte im Oktober 1993 und Oktober 1995 (Tab. 7.2) ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Einflüssen des Beobachtungsjahres, Weideökotyp, Methoden sowie zwischen den Wechselwirkungen von Jahr mit Weideökotyp und Jahr mit Methoden. Die deutlichsten Unterschiede zeigten sich für die Parameter Weideökotyp und die Wechselwirkung Jahr mit Weideökotyp ( $p < 0,0001$ ). Die Wechselwirkungen zwischen Weideökotyp und Methode sowie die Dreifach-Wechselwirkung von Jahr, Weideökotyp und Methode sind auch nach der Holm'schen Korrektur (HOLM 1979) nicht signifikant.

Die Zusammenfassung der Rangvarianzanalyse (Tab. 7.3) ergab, dass Jahr, Weideökotyp und Kontrollmethoden sowie deren Wechselwirkungen einen signifikanten bis hoch signifikanten Einfluss auf die *S. obtusifolia*-Dichte haben, wenn man das Auftreten vor (1993) und drei Jahre nach der Behandlung (1996) jeweils zum Ende der Vegetationsperiode vergleicht. Lediglich die Dreifach-Wechselwirkung zwischen Jahr, Weideökotyp und Methoden verfehlte die Signifikanz.

In den drei Weideökotypen wurden im Mittel der Behandlungen 7 *S. obtusifolia*-Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  im Oktober 1993 gezählt (Tab. A7.1-A7.6). Im Vergleich von Oktober 1993 und Oktober 1996 erhöhte sich die Anzahl von 7 auf 10 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  im Mittel der Behandlungen in den drei Weideökotypen nur unwesentlich. In den Kontrollparzellen fand eine

Steigerung des *S. obtusifolia*-Bestands von 7 auf 20 Pflanzen im Mittel der Weideökotypen je 0,25 m<sup>2</sup> von Oktober 1993 zu Oktober 1996 statt. Erwartungsgemäß war die *S. obtusifolia*-Dichte im Mittel der Behandlungen in der offenen Savanne mit 16 Pflanzen im Oktober 1993, 1994 und 1996 am höchsten. Im Oktober 1995 wurden, vermutlich bedingt durch die Trockenheit, nur 4 Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> gezählt. Die Bestände der Kontrollflächen erhöhten sich von Oktober 1993 auf 1996 von 14 auf 28, dem im Oktober 1995 ein Rückgang auf 14 *S. obtusifolia*-Pflanzen vorausging. In der geschützten Savanne wurden Steigerungen der Unkrautbestände in den behandelten und Kontrollparzellen (Oktober 1993/96) von 5 auf 8 bzw. 5 auf 13 Pflanzen festgestellt. Auch hier waren die *S. obtusifolia*-Bestände im Oktober 1995 mit 2 Pflanzen gering. Am niedrigsten war die Verunkrautung zunächst in allen Parzellen der kultivierten Savanne. Im Oktober 1993 wurde nur 1 Pflanze 0,25 m<sup>2</sup> registriert. Die *S. obtusifolia*-Population erhöhte sich in allen Fällen auf 5 bzw. 12 Pflanzen in den Behandlungen bzw. in der Kontrolle. Dieser Anstieg war kontinuierlich.

Der Unterschied der Behandlungen bzw. Kontrolle zwischen Oktober 1993 und 1996 betrug 5 bzw. 50% in der offenen, 40 bzw. 73% in der geschützten und 87 bzw. 95% in der kultivierten Savanne. Zwischen den Behandlungsmethoden ergab sich zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied (Tab. A7.1-A7.10).

Zusammenfassend lässt sich für die mechanischen Behandlungen im Vergleich zur Kontrolle in den Vorversuchsflächen im Oktober 1996 in Bezug auf Oktober 1993 (nach dreijähriger Behandlungspause) folgendes sagen:

- offene Savanne: Zunahme der *S. obtusifolia*-Dichte in der Jätevariante (27%), Rückgang in der Schnittvariante (15%) und Verdopplung in der Kontrolle von 1993 auf 1996; Behandlungen untereinander und im Vergleich zur Kontrolle zeigen 1996 keinen statistisch nachweisbaren Unterschied,
- geschützte Savanne: Anstieg der *S. obtusifolia*-Dichte in der Jätevariante (29%), Verdopplung in der Schnittvariante und starker Anstieg in der Kontrolle (Vervierfachung) zwischen 1993 und 1996; Jätevarianten zeigen 1996 einen signifikant besseren Erfolg gegenüber der Kontrolle,
- kultivierte Savanne: sehr starker Anstieg der *S. obtusifolia*-Population 1996 in der Jätevariante (Verzehnfachung), der Schnittvariante (Versechsfachung) und in der Kontrolle (Verzwanzigfachung) verglichen mit 1996; Behandlungen zeigen 1996 im Vergleich zur

Kontrolle eine signifikant niedrigere *S. obtusifolia*-Dichte, ohne Unterschied der Varianten.

Daraus folgt, dass mechanische Verfahren zur Kontrolle von *S. obtusifolia* zum Ende der Regenzeit ungeeignet sind. Sie zeichnen sich durch einen sehr hohen physischen Arbeitsaufwand (zähe Pflanzen, verholzte Wurzel und Sprosssteile) aus. Des Weiteren kam es bereits zur Samenproduktion, wenn auch noch nicht zur Aussamung des annuellen Weideunkrauts. Im Hauptversuch sollen die für die Kontrolle von *S. obtusifolia* empfindlichen phänologischen Stadien des Wachstums festgestellt werden, um Strategien für eine erfolgreiche Bekämpfung zu entwickeln. Die manuellen Verfahren im Vorversuch entsprechen der Jäte- bzw. Schnittvariante 3 im Hauptversuch (*cf.* Tab. 7.4).

### 7.3 Multiple Verfahren zur Kontrolle von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen (Hauptversuch 1994)

#### 7.3.1 Material und Methoden

##### 7.3.1.1 Versuchsanlage

Im Mai 1994 wurden in den drei Weideökotypen Versuchspartzellen in Blockanlage mit  $n = 3$  Wiederholungen angelegt (*cf.* Abb. A5.1). Die Behandlungen erfolgten in den Monaten Juni bis Oktober 1994, während die Erfassung der *S. obtusifolia*-Pflanzen bis November 1994 fortgesetzt wurde. Jede Parzelle innerhalb des Blocks hatte eine Fläche von  $3 \text{ m}^2$ . Die Blöcke wurden abgezäunt und die Abgrenzung der einzelnen Partzellen durch Seile gewährleistet. Die Blöcke wurden zufällig verteilt (KÖHLER *et al.* 1984: 212ff.). Als Bekämpfungsverfahren standen mechanische und chemische Methoden zur Auswahl. Weiterhin wurde der Einfluss der Konkurrenz eingesäter Gräser auf den Entwicklungsverlauf von *S. obtusifolia* geprüft. Die komplette Anlage ist in den Abbildungen A7.2 bis A7.4 im Anhang ersichtlich. Die Anzahl der Behandlungen sowie der unbehandelten Kontrollpartzellen je Ökotyp geht aus Tabelle 7.4 hervor.

Tab. 7.4 Anzahl der Anwendungen und Parzellen (n) der einzelnen Behandlungen in drei Weideökotypen im Hauptversuch 1994

Bekämpfungsverfahren	Behandlungen		Termin	Hfgk. <sup>1</sup>	n		
					OS, GS	KS	
manuell/ mechanisch	1 a	Jäten	Beginn d. RZ <sup>2</sup>	Jun.	1	6	6
	1 b	Jäten	Maximum d. RZ	Aug.	1	6	6
	1 c	Jäten	Beginn d. TZ <sup>3</sup>	Okt.	1	6	6
	1 d	Jäten	monatlich	Jun. - Okt.	5	3	3
	2 a	Schnitt	Beginn d. RZ	Jun.	1	6	6
	2 b	Schnitt	Maximum d. RZ	Aug.	1	6	6
	2 c	Schnitt	Beginn d. TZ	Okt.	1	6	6
	2 d	Schnitt	monatlich	Jun. - Okt.	5	3	3
chemisch	3	Herbizid (2,4-D)		Aug.	1	3	3
kulturtechnisch (Einsaat)	4 a	<i>A. gayanus</i>		Jun.	1	3	-
	4 b	<i>P. pedicellatum</i>		Jun.	1	3	-
unbehandelt	5	Kontrolle		Jun. - Nov.	6	6	6
<sup>1</sup> Häufigkeit (Anzahl d. Anwendungen), <sup>2</sup> Regenzeit, <sup>3</sup> Trockenzeit				Σ	57	51	

Die Erfassung der *S. obtusifolia*-Dichte erfolgte getrennt nach 2-Blattstadium und wachsenden Pflanzen (cf. Abschnitt 5.2.4). Die Parzellen wurden vor jeder Behandlung zur Monatsmitte auf *S. obtusifolia* (0,25 m<sup>2</sup>) untersucht. Im Folgejahr (1995) wurden die *S. obtusifolia*-Pflanzen monatlich von Juni bis November und im Jahr darauf (1996) von Juni bis Oktober erfasst. In den Jahren 1995 und 1996 wurden keine Behandlungsmethoden angewendet.

### 7.3.1.2 Mechanische Verfahren

Als erste mechanische Maßnahme ist das Jäten zu nennen. Die Parzellen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten gejätet. Eine Parzelle von 3 m<sup>2</sup> (n = 3) wurde monatlich von Juni bis Oktober 1994 wiederholt gejätet. Weitere Behandlungen erfolgten einmalig zu Beginn (Juni) und Maximum der Regenzeit (August) sowie zu Beginn der Trockenzeit (Oktober) 1994 mit n = 6 Wiederholungen. Somit ergeben sich vier Jätevarianten je Block. Die zweite mechanische Maßnahme ist der Schnitt mit der Sichel. Es wurde genau wie beim Jäten verfahren, so dass sich je Block 4 Varianten ergeben. Die Anwendung der Behandlungen und die Auszählung der *S. obtusifolia*-Anzahl in den Parzellen wurde gemäß Abschnitt 7.2.1 durchgeführt. Dabei ist der Monat November (besonders 1994) von entscheidender Bedeutung, da erst zu diesem Zeitpunkt die Parzellen, die im Oktober (einmalig bzw. monatlich) behandelt wurden,

ausgezählt wurden. Aus arbeitstechnischen Gründen konnte die Erfassung im November 1996 nicht erfolgen, so dass für dieses Jahr der Oktober als Vergleichsmonat herangezogen wird.

Für die drei Weideökotypen wurde *S. obtusifolia*, getrennt nach Keimpflanzen (2-Blattstadium) und wachsenden Pflanzen für alle Behandlungen, einschließlich Kontrolle mit dem Binomial-Test, über den Beobachtungszeitraum (1994-96) verglichen. Zwischen den drei Ökotypen sollten die Unterschiede im Verunkrautungsgrad mit *S. obtusifolia* aufgezeigt werden. Eine Varianzanalyse mit Post-Hoc-Tests (Mehrfachvergleiche) wurde nach Weideökotypen und Beobachtungstermin getrennt durchgeführt, um Unterschiede für *S. obtusifolia* für die einzelnen Varianten zu untersuchen (cf. Abschnitt 7.2.1 und BROSIUS 2002: 606). Der paarweise Binomial-Test wurde angewendet, falls Mehrfachvergleiche auf Grund verletzter Voraussetzungen nicht durchgeführt werden konnten.

Um den Wiederaufwuchs bzw. das Unkrautpotential von *S. obtusifolia* zu untersuchen, wurden die jeweiligen Monate verschiedener Jahre nach der Behandlung miteinander verglichen. Eine Gegenüberstellung der *S. obtusifolia*-Bestände (Keimpflanzen separat vom Rest) wurde für die Monate Juni bis Oktober 1994, 1995 und 1996 sowie November 1994 mit 1995 mittels Binomial-Test, getrennt nach Weideökotyp und Methode, durchgeführt.

Ein gesonderter Vergleich der *S. obtusifolia*-Dichte für die Monate November 1994, 1995 und Oktober 1996 zur Einschätzung der Effizienz der Behandlungen, wurde nach demselben Schema mit SAS wie unter 7.2.1 beschrieben, vorgenommen.

#### 7.3.1.3 Chemische Verfahren

Bei den chemischen Maßnahmen stand das selektive Blattherbizid 2,4-D für die Anwendung mittels Dochtstreichverfahren (cf. JONES *et al.* 1995, JOHNSON *et al.* 1999) zur Verfügung. Dieses Verfahren wird u.a. in den Tropen zur Bekämpfung von Horstgräsern eingesetzt (STEDEN 1987, ALKÄMPER pers. Mitteil. 1994). Die Applikation des Herbizids erfolgte einmalig im August 1994 zum Zeitpunkt des maximalen Wachstums der *S. obtusifolia*-Pflanzen. Die Höhe der Pflanzen betrug ca. 20 cm. Es wurde eine Verdünnung (lt. Anwendungsvorschrift) von 1 ml 2,4-D auf 1000 ml Wasser verwendet. Es ergibt sich also eine Herbizidvariante mit  $n = 3$  Wiederholungen je Block (cf. Abb. A5.1 sowie A7.2-A7.4). Die statistische Analyse der Ergebnisse erfolgte wie in Abschnitt 7.3.1.2 beschrieben.

#### 7.3.1.4 Einsaat von Futtergräsern

Schließlich stand die Einsaat von Gräsern als kulturtechnische Möglichkeit zur Auswahl. Anfang Juni 1994 wurde in je eine Parzelle Samen von *A. gayanus* und *P. pedicellatum* in den vorher mit einer Hacke aufgelockerten Boden eingebracht. Anschließend wurde das Saatgut angedrückt, um den Kontakt zwischen Samen und Boden zu verbessern. Die Samen beider Gräser wurden aus den getrockneten Fruchtständen gewonnen, d.h. es wurden sowohl die Ähre als auch die darin befindlichen Samen ausgebracht. Dabei wurden *ca.* 200 g m<sup>-2</sup> verwendet. Bei den Maßnahmen mit Einsaat von Gräsern ergeben sich somit zwei Varianten (jeweils *n* = 3) je Block (Abb. A5.1 sowie A7.2-A7.3). Die Methode kam nicht in der kultivierten Savanne zur Anwendung, da hier diese Futtergräser bereits vom „SEP“-Programm angesiedelt worden waren. Die Anzahl der Gräser je 0,25 m<sup>2</sup> wurde zu Beginn (Juni) und Mitte (August) der Regenzeit sowie zu Beginn der Trockenzeit (Oktober) in den Jahren 1994-96 ermittelt. Die *S. obtusifolia*-Pflanzen wurden, wie im Abschnitt 7.3.1.2 beschrieben, erfasst.

Die statistischen Modelle für den Methodenvergleich ergaben sich gemäß Abschnitt 7.3.1.2. Der Vergleich der Kulturgräser mit *S. obtusifolia* wurde unter Verwendung der Rangkorrelation nach Spearman (*r<sub>s</sub>*) durchgeführt. Die Berechnung wurde nach Weideökotypen, Beobachtungsjahr und Gräserarten getrennt vorgenommen. Für *A. gayanus* konnte auf Grund geringer Fallzahlen nicht nach Jahren getrennt gerechnet werden. Die Aufteilung von *S. obtusifolia* in Keim- und wachsenden Pflanzen wurde beibehalten. Mittels Binomial-Test wurden schließlich die Gräser- und *S. obtusifolia*-Anzahl der offenen mit der geschützten Savanne verglichen.

### 7.3.2 Ergebnisse und Diskussion

#### 7.3.2.1 Vergleich der Weideökotypen

Ein Vergleich der drei Weideökotypen, unter Berücksichtigung der *S. obtusifolia*-2-Blattpflanzen, mit dem Binomial-Test, ergab signifikante Unterschiede zwischen den Weideökotypen, außer im Juli und Oktober 1994 sowie August 1996 (*cf.* Tab. A7.33-A7.35). Eine Untersuchung der wachsenden Pflanzen ergab nach dem Binomial-Test signifikante Unterschiede zwischen allen Weideökotypen (*cf.* Tab. A7.36-A7.38) – wobei der Gradient in allen Fällen von der offenen über die geschützte zur kultivierten Savanne abnahm.

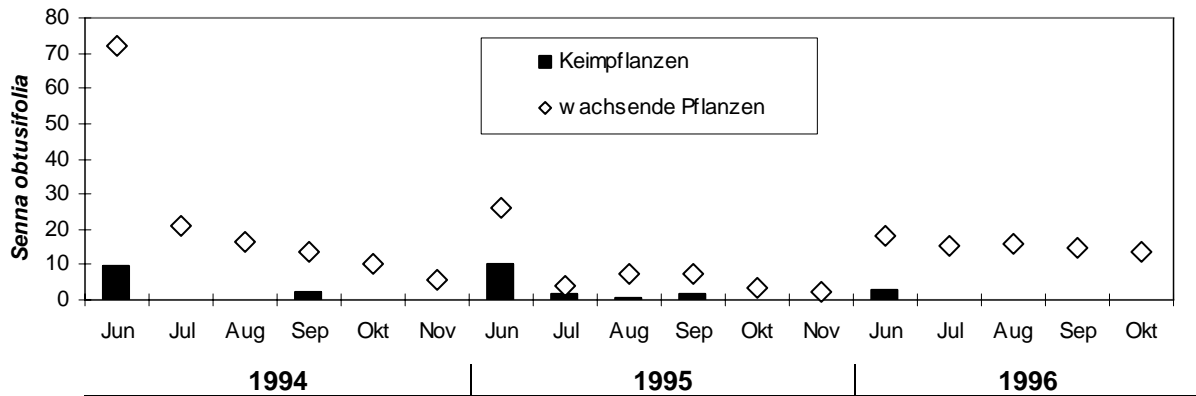


Abb. 7.3 Mittlere Anzahl *Senna obtusifolia* in der offenen Savanne in den behandelten Flächen des Hauptversuchs (n = 57; 0,25 m<sup>2</sup>)

Im Juni 1994 stehen in der offenen Savanne im Mittel 75 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> (cf. Abb. 7.3). Obwohl im Juli erst in einigen Parzellen eine Behandlung erfolgte, sank die *S. obtusifolia*-Population im Mittel auf 23 Pflanzen. Möglicherweise kam es Ende Juni und Anfang Juli zu Wassermangel und somit zur Austrocknung, so dass die jungen *S. obtusifolia*-Pflanzen abstarben. Im Gegensatz zum Juni fand im Juli keine Keimaktivität statt, welches das Phänomen der Austrocknung bestätigt. Geringe Anzahlen von 2-Blattstadien wurden dagegen im August (0,2 Keimlinge) und September (2,3 Keimlinge) ermittelt. Bis zum Beginn der Trockenzeit (November) erfolgt eine Reduktion der Unkrautdichte auf etwa 8 Pflanzen.

Die *S. obtusifolia*-Dichte im Juni 1995 ist in der offenen Savanne mit knapp 25 Pflanzen um ein Drittel niedriger als im Anfangsjahr. Eine Keimaktivität wurde während der gesamten Regenzeit verzeichnet, mit einem Maximum im Juni mit 11 Sämlingen. Dennoch brach die *S. obtusifolia*-Population im Juli 1995 ein (4 Pflanzen). Die wenigen Keimlinge im Juli, August und September konnten die Unkrautdichte nur unwesentlich erhöhen, so dass im November 1995 im Messquadrat 2,5 *S. obtusifolia*-Pflanzen gezählt wurden.

Während der Regenzeit 1996 bleibt die *S. obtusifolia*-Dichte im Gegensatz zu den beiden Jahren zuvor beinahe konstant. Mit 18 Pflanzen im Juni bzw. 15 Pflanzen im Oktober ist die Differenz sehr gering. Es wurde eine Keimaktivität in den Monaten Juni bis August registriert, wobei das Maximum im Juni mit ca. 3 Keimpflanzen auflief (cf. Tab. A7.19-A7.21). Ein synoptischer Vergleich des *S. obtusifolia*-Bestands und seiner Entwicklung in den drei Weideökotypen ist auf Grund der unterschiedlichen Skalierung der y-Achsen nicht möglich.



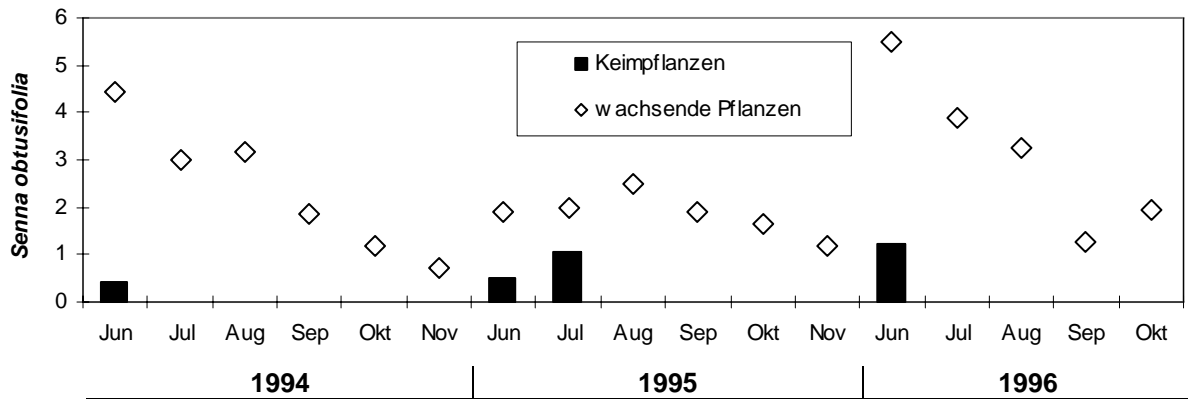


Abb. 7.4 Mittlere Anzahl *Senna obtusifolia* in der geschützten Savanne in den behandelten Flächen des Hauptversuchs ( $n = 57$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

In der geschützten Savanne wurden zu keinem Zeitpunkt *S. obtusifolia*-Dichten von über 6 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  beobachtet (cf. Abb. 7.4). Im Behandlungsjahr 1994 wurde eine Ausgangspopulation im Juni von ca. 4 *S. obtusifolia*-Pflanzen registriert. Im November konnten nur noch 0,7 *S. obtusifolia*-Pflanzen gezählt werden. Es fand mit 0,3 Keimlingen ein geringer Regenerationsprozess statt.

Im Juni 1995 konnte ein geringer Wiederaufwuchs mit knapp 2 Pflanzen beobachtet werden. Die Unkrautpopulation schwankte in der Regenzeit 1995 um diesen Wert. Sämlinge konnten im Juni und Juli 1995 mit 0,5 bzw. 1 Keimpflanze gezählt werden.

Die höchsten Werte an Keim- und wachsenden Pflanzen wurden im Juni 1996 mit ca. 1 bzw. 6 *S. obtusifolia*-Pflanzen registriert. Während der Regenzeit sinkt die Unkrautdicke auf etwa 1,5 und steigt im Oktober auf ca. 2 *S. obtusifolia*-Pflanzen an (cf. Tab. A7.25-A7.28).

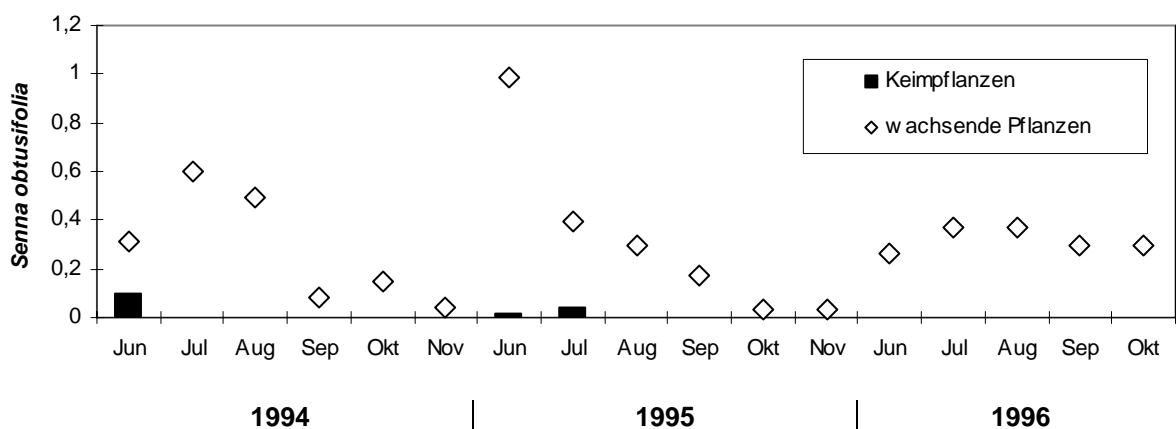


Abb. 7.5 Mittlere Anzahl *Senna obtusifolia* in der kultivierten Savanne in den behandelten Flächen des Hauptversuchs ( $n = 51$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Die kultivierte Savanne erscheint großflächig unkrautfrei. Die Unkrautdicke liegt bei maximal 1,2 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  während des gesamten Zeitraums (cf. Abb. 7.5). Wenn überhaupt von einem Verlauf der Entwicklung der Population gesprochen werden kann, dann schwankt die *S. obtusifolia*-Dicke 1994 zwischen 0,7 und 0,1 Pflanzen im Juli bzw. November. Sehr geringe Keimung wurde im Juni 1994 mit 0,1 Sämling gezählt.

Der Juni 1995 beginnt mit knapp 1,2 Pflanzen. Die Unkrautdicke sinkt auf 0,4 Pflanzen zu Beginn der Trockenzeit. Die Keimaktivität im Juni und Juli ist mit ca. 0,03 Sämlingen noch geringer als im Vorjahr.

Schwankungen um 0,3 *S. obtusifolia*-Pflanzen prägen das Bild der kultivierten Savanne während der Beobachtungsphase 1996. Es konnte keine Keimung festgestellt werden (cf. Tab. A7.29-A7.32).

### 7.3.2.2 Mechanische Verfahren

In den Abbildungen 7.6 und 7.7 ist die Anzahl der *S. obtusifolia*-Pflanzen, insgesamt in den Parzellen der Jätevarianten des Hauptversuchs in der offenen Savanne, für die Jahre 1994 und 1996 dargestellt.

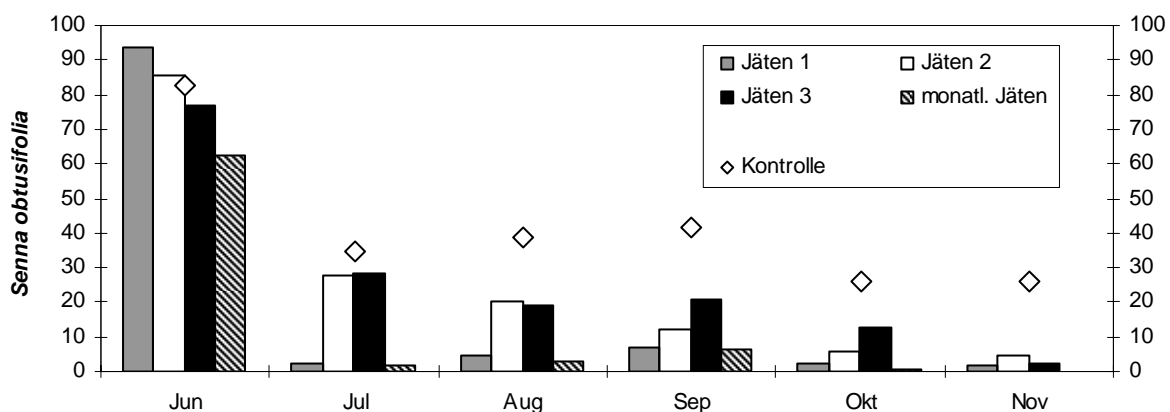


Abb. 7.6 Anzahl *Senna obtusifolia*-Pflanzen insgesamt in den Jätevarianten ( $n_{1-3} = 6$ ,  $n_m = 3$ ,  $n_0 = 6$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )<sup>43</sup> in der offenen Savanne in den Parzellen des Hauptversuchs 1994

<sup>43</sup>  $n_{1-3}$  ... Jätevariante 1-3,  $n_m$  ... monatliche Jätevariante,  $n_0$  ... Kontrolle

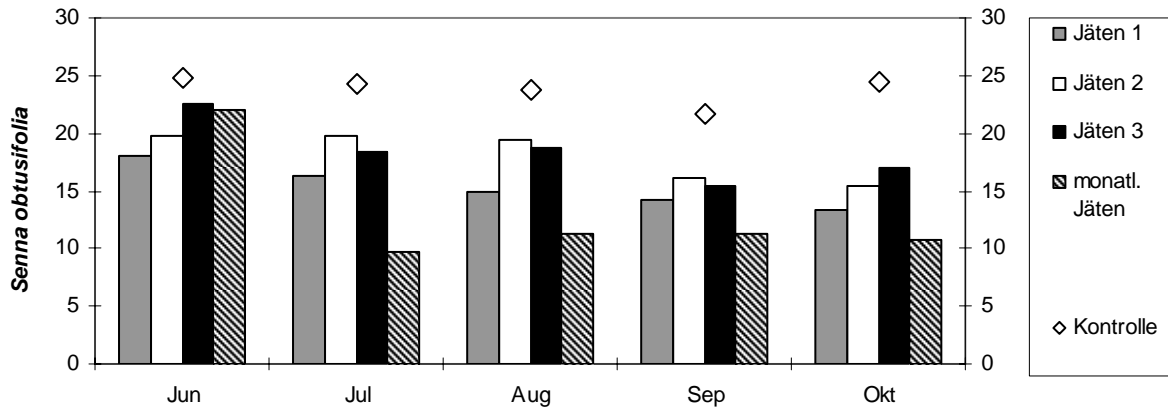


Abb. 7.7 Anzahl *Senna obtusifolia*-Pflanzen insgesamt in den Jätevarianten ( $n_{1-3} = 6$ ,  $n_m = 3$ ,  $n_0 = 6$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )<sup>43</sup> in der offenen Savanne in den Parzellen des Hauptversuchs 1996

Auf die Abbildung der Daten von 1995 wurde verzichtet, da nach den statistischen Tests Behandlungen und Kontrolle im Vergleich nicht signifikant waren. In den Tabellen A7.19 bis A7.24 sind die Mittelwerte für die Parzellen, getrennt nach Keim- und wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen, im Anhang aufgelistet.

Die Initialwerte liegen im Juni 1994 in allen Parzellen der offenen Savanne für die Jätevarianten zwischen 60-90 *S. obtusifolia*-Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  (davon 5-20 Keimpflanzen). Zu Beginn der Regenzeit gejätete Flächen zeigen einen geringen Wiederaufwuchs von *S. obtusifolia* von  $< 7$  Pflanzen. In den Monaten Juli, September, Oktober und November 1994 ergaben sich signifikante Unterschiede sowohl zu den übrigen Behandlungen als auch zur Kontrolle. Die während der Regenzeit behandelten Parzellen zeigen einen höheren Bewuchs von 10-20 Pflanzen und dieser sinkt erst im November auf 4,5 Pflanzen. Jäten zu Beginn der Trockenzeit zeigt nur im November in den Behandlungen eine zur Kontrolle signifikant geringere Verunkrautung. Die monatlich wiederholt gejätete Fläche weist im Vergleich zur Kontrolle nur im August und November signifikant weniger *S. obtusifolia* auf. Die Mittelwerte liegen aber auch im Juli und Oktober bei 1,7 bzw. 0,7 *S. obtusifolia*-Pflanzen. Die Kontrolle erfährt zu Beginn der Regenfälle einen natürlichen (umweltbedingten) Rückgang der *S. obtusifolia*-Dichte, wobei zu berücksichtigen ist, dass auch die noch nicht behandelten Parzellen eine derartige Reduktion des *S. obtusifolia*-Bestands erfahren.

Zu Beginn der Regenzeit 1995 zeigen die Parzellen in der offenen Savanne, die zum Ende der Vegetationsperiode 1994 eine niedrigere *S. obtusifolia*-Dichte aufwiesen, einen hohen Wiederaufwuchs (30-40 Pflanzen). In den einzelnen Monaten konnten 1995 keine signifikanten

Unterschiede zwischen den Behandlungen bzw. im Vergleich mit der Kontrolle ermittelt werden. Da das Jahr als trocken eingeschätzt wurde, müssen die relativ niedrigen Wiederaufwuchstendenzen partiell als witterungsbedingt gewertet werden.

Im Jahr 1996 konnte ein mäßiger Wiederaufwuchs (*ca.* 20 *S. obtusifolia*-Pflanzen) in den Behandlungspartzen der offenen Savanne registriert werden, wobei es zwischen den behandelten Varianten keinen Unterschied gibt. Es ist nur ein leichter Rückgang der *S. obtusifolia*-Dichte (auf *ca.* 15 Pflanzen) zum Ende der Regenzeit festzustellen. Die Partzen, die monatlich gejätet wurden, zeigen den niedrigsten *S. obtusifolia*-Besatz. Die Kontrollflächen verhielten sich ähnlich, jedoch auf einem etwas höheren Niveau (*ca.* 25 Pflanzen). Mit dem Dunnett-Test konnte im Oktober 1996 ein Unterschied zwischen der Kontrolle und den zu Beginn der Regenzeit bzw. den monatlich gejäteten Partzen berechnet werden (Methodenvergleich Tab. A7.39-A7.44).

Die Jätevarianten in der geschützten Savanne wiesen zu Beginn der Vegetationsphase 1994 eine mittlere *S. obtusifolia*-Dichte von unter 8 Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> auf. Die zu Beginn der feuchten Periode gejäteten Flächen zeigten mit 0,5-1,5 *S. obtusifolia*-Pflanzen einen guten Behandlungserfolg. In der monatlich gejäteten Partze konnte außer im August kein Wiederaufwuchs registriert werden. Ein Vergleich der Verunkrautung der monatlich behandelten sowie der am Ende der Regenzeit geschnittenen Partzen mit der Kontrolle ergab im November 1994 keine *S. obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und somit im Binomial-Test signifikante ( $p = 0,0002$ ) Unterschiede zur Kontrolle (Tab. A7.46).

Zu Beginn der Regenzeit 1995 betrug der Wiederaufwuchs in der geschützten Savanne je Flächeneinheit weniger als 3,5 Pflanzen von *S. obtusifolia*. Dabei schneidet die Variante 1 am schlechtesten ab. Mittels Binomial-Test konnte lediglich für die zum Maximum der Regenzeit gejäteten Partzen im Vergleich zur Kontrolle ein signifikanter ( $p = 0,0026$ ) Unterschied nachgewiesen werden, wobei in der Behandlung mehr *S. obtusifolia*-Pflanzen gezählt wurden (Tab. A7.46). Die Anzahl von 4 *S. obtusifolia*-Pflanzen wird während der Regenzeit 1995 nicht überschritten. Zu Beginn der Trockenzeit wiesen Behandlungen und Kontrolle einen gleichen Besatz an *S. obtusifolia* von *ca.* 1 Pflanze auf.

Der Aufwuchs im Juni 1996 in der geschützten Savanne entspricht dem vom Juni 1994. Dann fällt die *S. obtusifolia*-Dichte auf 1-2 Pflanzen (Oktober 1996) ab. Die Kontrollpartzen verhalten sich ähnlich (etwa 4 Pflanzen). Ein Vergleich der einmalig ausgeführten Jäte- und Schnittvariante zum Maximum der Regenzeit sowie der monatlich gejäteten Partzen, mit der Kontrolle nach dem Dunnett-Test im Oktober 1996, ergab signifikante Unterschiede der Be-

handlungen zur Kontrolle, in welcher die höhere *S. obtusifolia*-Dichte ermittelt wurde (Tab. A7.46). Zu anderen Zeitpunkten konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen bzw. der Kontrolle festgestellt werden. Aus diesem Grund kann auf eine Abbildung an dieser Stelle verzichtet werden. Die Mittelwerte der Anzahl von *S. obtusifolia* in der geschützten Savanne sind nach 2-Blattstadium und wachsenden Pflanzen, getrennt in den Tabellen A7.25 bis A7.28, aufgeführt.

In der kultivierten Savanne konnten im Juni 1994 in den Jätevarianten *ca.* 0,5 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> gefunden werden. Damit ist dieser Weideökotyp praktisch unkrautfrei. Sporadischer Wiederaufwuchs wurde v.a. in der Variante 1 (1,5 Pflanzen) registriert, was durch die höhere Ausgangsdichte (0,7 Pflanzen) bestimmt sein könnte. Flächen mit monatlichen Behandlungen zeigen einen Wiederaufwuchs von 0,5-0,8 Pflanzen. Die Kontrolle liegt mit 0,2 Pflanzen zu Beginn der Trockenzeit noch unter den Behandlungen.

Der deutlichste Wiederaufwuchs im Juni 1995 in der kultivierten Savanne wurde in den Parzellen der Varianten 1 und 2 mit je 2-2,5 *S. obtusifolia*-Pflanzen beobachtet. Ab August wurden im Mittel 0,2-0,5 Pflanzen gezählt, wobei die Kontrolle unkrautfrei blieb.

Der Aufwuchs im Juni 1996 liegt mit 0,5-1,25 *S. obtusifolia*-Pflanzen in der kultivierten Savanne ein wenig über dem Ausgangsstatus von 1994. Die monatliche Jätevariante und die Parzellen der Variante 1 zeigen im Verlauf der Regenzeit durchgehend *ca.* 1 *S. obtusifolia*-Pflanze. In der Variante 3 ist der Wiederaufwuchs nicht nachweisbar. Die Kontrolle liegt mit 0-0,2 Pflanzen dazwischen. Die verwendeten statistischen Tests ergaben in diesem Weideökotyp zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede. Aus diesem Grund kann auf eine Abbildung an dieser Stelle verzichtet werden. Die Mittelwerte der Anzahl von *S. obtusifolia* in der kultivierten Savanne sind nach 2-Blattstadium und wachsenden Pflanzen, getrennt in den Tabellen A7.29 bis A7.32, aufgeführt.

Die Ausgangsdichte von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne liegt in den Schnittvarianten um die 75 Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup>. Schneiden zu Beginn der Regenzeit zeigt im Juli, September und November 1994 einen von der Kontrolle signifikant unterschiedlichen *S. obtusifolia*-Bestand. Schnittvarianten, die zur Mitte bzw. Ende der Regenzeit ausgeführt wurden, wiesen nur im November einen von der Kontrolle signifikanten Unterschied auf – wobei in allen Fällen in den Kontrollparzellen die höhere Verunkrautung festgestellt wurde. Die Varianten mit mehrmaligem Schnitt weisen den niedrigsten Wiederaufwuchs, verglichen mit der Kontrolle im Behandlungsjahr, auf. Für die Monate August und November waren diese Unterschiede

signifikant. Der Effekt der Behandlungen ist im Folgejahr (Vergleich November 1994 mit Juni 1995) nicht mehr nachweisbar. In der Regenzeit 1996 bringen alle Schnittvarianten etwa gleiche *S. obtusifolia*-Bestände von 10-15 Pflanzen hervor. Ein Vergleich mit dem Dunnett-Test ergab für die zu Beginn und während der Regenzeit geschnittenen Parzellen eine signifikant geringere Verunkrautung als die Kontrolle (cf. Tab. A7.39-A7.44).

In der geschützten Savanne wiesen die Schnittvarianten im Behandlungsjahr eine Ausgangspopulation von 4 *S. obtusifolia*-Pflanzen auf. Die statistische Auswertung ergab für den gesamten Beobachtungszeitraum 1994 keine Unterschiede zwischen den Behandlungen und im Vergleich zur Kontrolle. In den zu Beginn der Trockenzeit bzw. monatlich geschnittenen Flächen standen im November-Quadrat keine *S. obtusifolia*-Pflanzen. Im nächsten Jahr wurden zu Beginn der Vegetationsperiode in den Schnittvarianten ca. 1,5 *S. obtusifolia*-Pflanzen gefunden. Während der Regenzeit und zu Beginn der Trockenzeit wurden geringe Schwankungen im *S. obtusifolia*-Bestand, ohne Unterschied der Methode, festgestellt. Im zweiten Jahr nach der Behandlung wurden im Juni 5,1 *S. obtusifolia*-Pflanzen gezählt. Lediglich im Oktober 1996 unterschieden sich die Schnittbehandlungen mit 2,1 Pflanzen signifikant nach dem Dunnett-Test von der Kontrolle mit 4 Pflanzen (cf. Tab. A7.46).

Die *S. obtusifolia*-Dichte in den Schnittvarianten der kultivierten Savanne lag im Juni 1994 bei 0,4 Pflanzen. Die Schnittvarianten in diesem Weideökotyp unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander, weder untereinander noch von der Kontrolle.

Es wurde zu keinem Zeitpunkt und in keinem Weideökotyp ein Austreiben neuer Triebe von geschnittenen *S. obtusifolia*-Pflanzen beobachtet.

Zusammenfassend lässt sich für die Parzellen mit mechanischen Varianten der Hauptversuchsflächen im Oktober 1996, nach zweijähriger Behandlungspause, folgendes sagen (cf. Tab. 7.9-7.10 und Tab. A7.19-A7.32):

- offene Savanne: starker Anstieg der *S. obtusifolia*-Dichte in den Behandlungsflächen (im Mittel um das Siebenfache in den Jäte- und das Dreifache in den Schnittvarianten) von 1994 auf 1996, in der Kontrolle leichter Rückgang (7%),  
Jäten zu Beginn der Regenzeit und monatlich wiederholtes Jäten, sowie die einmalig ausgeführten Schnittvarianten zu Beginn und Maximum der Regenzeit, unterscheiden sich 1996 signifikant von der Kontrolle, wobei die Variante der wiederholt gejäteten Parzellen den niedrigsten *S. obtusifolia*-Bewuchs in Bezug zur Kontrolle aufwies (56% weniger),

- geschützte Savanne: starker Anstieg der *S. obtusifolia*-Dichte in den Behandlungen (im Mittel der Jäte- um das Fünffache und in den Schnittvarianten um das Zehnfache) zwischen 1994 und 1996,  
die einmalig ausgeführten Behandlungen unterscheiden sich 1996 signifikant von der Kontrolle, wobei die Jätevarianten einen 33% geringeren *S. obtusifolia*-Bestand im Mittel gegenüber den Schnittvarianten aufwiesen,
- kultivierte Savanne: Bestandsdichte von *S. obtusifolia* ist in Behandlungen wie Kontrollflächen generell mit weniger als 1 Pflanze je 0,25 m<sup>2</sup> sehr gering, der Anstieg von 1994 auf 1996 ist dennoch beträchtlich, sprich eine Versiebenfachung im Mittel der Jäte- und eine Verzehnfachung in den Schnittvarianten, die Kontrollparzelle war 1996 unkrautfrei, die Behandlungen in der kultivierten Savanne zeigen 1996 keinen Unterschied untereinander und zur Kontrolle.

#### 7.3.2.3 Chemische Verfahren

Die verwendete 2,4-D Konzentration in den Behandlungen 1994 stellte sich als zu gering heraus. Die behandelten *S. obtusifolia*-Pflanzen starben nicht gänzlich – wie vorgesehen – ab, sondern zeigten lediglich Veränderungen an den Blättern und Teilen der Sprossachse. Die Blättchen wiesen eine Reduktion auf. Die Abmessungen verringerten sich von  $3\text{--}4 \times 2$  cm auf  $2 \times 1$  cm. Ihre Form änderte sich von oval in Richtung Keilform. Des Weiteren änderte sich deren Farbe, hin zu einem dunkleren Grün. Die Sprossteile waren durch Deformationen, d.h. Krümmung und abwärts gerichtete Drehung bzw. Wachstum gekennzeichnet. An den gebogenen Stellen war eine Farbaufhellung deutlich erkennbar. Die Wuchshöhe blieb mit 25-30 cm auf dem Niveau des Monats August. Da die Behandlung im August durchgeführt wurde, bedeutet dies einen Wachstumsstillstand. Das Ziel, die Verhinderung der Blüte von *S. obtusifolia*, wurde mit der Herbizidapplikation erreicht.

Eine weitere Begründung für die geringe Wirksamkeit des Herbizids kann im Ausbringungszeitpunkt gesehen werden. Im phänologischen Stadium mit 6- oder 12-Blättchen wäre vermutlich ein höherer Kontrollerfolg von *S. obtusifolia* erzielt worden.

Im November 1994 wurden in der offenen Savanne 10,7 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> gezählt. Dieser Wert unterscheidet sich nach dem Tukey-Test signifikant von der Kontrolle mit 26,3 *S. obtusifolia*-Pflanzen (Tab. A7.22 und A7.43). Von November 1994 auf Oktober

1996 erhöhte sich der Unkrautbestand um 22%, auf 13 *S. obtusifolia*-Pflanzen (Tab. A7.19-A7.24).

In der geschützten Savanne lag die *S. obtusifolia*-Anzahl im November 1994 mit 2,7 Pflanzen höher als der Mittelwert der Behandlungen (0,4) und über der Kontrolle (2,2). In den Jahren 1995 und 1996 konnten keine Unterschiede zur Kontrolle nachgewiesen werden. Dennoch sank der Unkrautbestand von 1994 auf 1996 um 25% auf 2 *S. obtusifolia*-Pflanzen. Dies kann jedoch nicht auf die Bekämpfungsmaßnahme zurückgeführt werden, sondern könnte an einer reduzierten Samenanzahl, geringeren Keimaktivität oder witterungsbedingten Einflüssen gelegen haben (Tab. A7.25-A7.28).

In der kultivierten Savanne sind die Parzellen nahezu unkrautfrei. Die Anwendung von 2,4-D ergab keinen signifikanten Unterschied zu anderen Behandlungen bzw. zur Kontrolle. Der anteilmäßige Anstieg 1996 im Vergleich zu 1994 entspricht einer Vervierfachung des Unkrautbestands, obgleich dieser stets unter 1 *S. obtusifolia*-Pflanze pro 0,25 m<sup>2</sup> blieb (cf. Tab. A7.29-A7.32).

#### 7.3.2.4 Einsaat von Futtergräsern

Die Evaluierung des Einflusses von kultivierten Futtergräsern auf *S. obtusifolia* wurde in der offenen und in der geschützten Savanne vorgenommen. *Andropogon gayanus* keimt und entwickelt sich in der offenen Savanne gut (5,8 Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> im Mittel 1994) und es wurde ein gleichbleibender Bestand im Folgejahr festgestellt, mit einem Rückgang (auf 2,1) im Jahre 1996. In der geschützten Savanne keimt *A. gayanus* nicht im ersten Jahr und nur sehr gering im Folgejahr (0,1). Der Bestand entwickelt sich auch 1996 nur gering (0,3 Pflanzen; cf. Tab. 7.5).



Tab. 7.5 Entwicklung von *Andropogon gayanus* in den Versuchsflächen der offenen und der geschützten Savanne im Vergleich zu *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen und wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen von 1994-96 in den gleichen Flächen (n = 3; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT Termin	OS <i>S. obt.</i> -2-Blatt-Stadium <sup>1</sup>	GS	OS <i>S. obtusifolia</i>	GS	OS <i>A. gayanus</i>	GS
06.94	19,7 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	98,3 <sup>b</sup>	7,3 <sup>a</sup>	1,0	-
08.94	-	-	29,7 <sup>b</sup>	5,3 <sup>a</sup>	10,3 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>
10.94	-	-	20,3 <sup>b</sup>	2,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>
$\bar{x}$	6,6 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	49,4 <sup>b</sup>	4,9 <sup>a</sup>	5,8 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>
06.95	17,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	30,0 <sup>b</sup>	1,7 <sup>a</sup>	5,7 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>
08.95	0,7	-	10,0 <sup>b</sup>	1,7 <sup>a</sup>	5,0 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>
10.95	-	-	2,7	2,0	4,3 <sup>b</sup>	0,3 <sup>a</sup>
$\bar{x}$	5,9 <sup>b</sup>	- <sup>a</sup>	14,2 <sup>b</sup>	1,8 <sup>a</sup>	5,0 <sup>b</sup>	0,1 <sup>a</sup>
06.96	3,3 <sup>b</sup>	0,7 <sup>a</sup>	18,0 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,3	0,3
08.96	-	-	12,7 <sup>b</sup>	4,0 <sup>a</sup>	2,0	0,3
10.96	-	-	12,7 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,0	0,3
$\bar{x}$	1,1 <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup>	14,5 <sup>b</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	0,3 <sup>a</sup>
$\bar{x}_{ges}$	4,5 <sup>b</sup>	0,1 <sup>a</sup>	26,0 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	0,1 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*-Keimpflanzen; Mittelwerte in den **Zeilen** der gleichen Kategorie mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander

Die Entwicklung des *S. obtusifolia*-Bestands in den mit *A. gayanus* kultivierten Parzellen der offenen Savanne zeigt zu Beginn der Trockenzeit mit 13 *S. obtusifolia*-Pflanzen 1994 ähnliche Tendenzen, wie die mit 2,4-D behandelten Flächen und ist laut Tukey-Test (p = 0,018; Tab. A7.43) signifikant verschieden von der Kontrolle mit 26 Pflanzen. Der Wiederaufwuchs ist im Folgejahr mit 45 *S. obtusifolia*-Pflanzen höher als die Jätevarianten. Die *S. obtusifolia*-Dichte zum Ende der Vegetationsperiode 1995 weist mit 1,7 Pflanzen keinen Unterschied zwischen den Behandlungen bzw. zu den mechanischen und chemischen Varianten auf. Die *S. obtusifolia*-Dichte in der offenen Savanne weist im Oktober 1996 mit 13 Pflanzen ähnliche Ergebnisse wie die mechanischen Varianten auf, die zu Beginn der Regenzeit durchgeführt wurden. Im Vergleich zu Oktober 1994 wurde im Oktober 1996 die *S. obtusifolia*-Dichte um 37% reduziert (Tab. 7.5).

In der geschützten Savanne verhält sich der *S. obtusifolia*-Bestand zu Beginn der Trockenzeit 1994 ähnlich dem der unbehandelten Parzellen. Im Jahr 1995 ist kein Unterschied zu anderen Behandlungen oder Kontrolle nachweisbar. Im Oktober 1996 gibt es keinen Unterschied zwischen den mit *A. gayanus* eingesäten Flächen und der Kontrolle. Beim Vergleich der *S. obtusifolia*-Dichte im Oktober 1994 und 1996 konnte eine Steigerung um 35% konstatiert werden (Tab. 7.5).

Die Auswertung der Daten mittels Binomial-Test, um Unterschiede zwischen dem Bewuchs mit *A. gayanus* und *S. obtusifolia* in der offenen und der geschützten Savanne aufzuzeigen, erfolgt in Tab. A7.53-A7.55. Dabei wurden signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl von *S. obtusifolia*-Keimpflanzen (außer August 1995) und wachsenden -Pflanzen (außer Oktober 1994) in der offenen und der geschützten Savanne ermittelt. *Andropogon gayanus* verfehlte im Juni 1994 sowie in der Beobachtungsphase 1996 die Signifikanz. In der offenen Savanne standen in allen Kategorien mehr Pflanzen im Zählquadrat.

Bei der Berechnung der Korrelationen nach Spearman ergaben sich keine nachweisbaren Effekte für *A. gayanus*. Die Konkurrenzwirkung ist daher im Ansaatjahr und während der Regenzeiten 1995/96 zu vernachlässigen. In der offenen Savanne konnten für Keim- und *S. obtusifolia*-Pflanzen negative Korrelationswerte ermittelt werden, die jedoch nicht signifikant waren. Das Gleiche gilt für die geschützte Savanne, wo zwischen Keimpflanzen und *A. gayanus* ein negativer Koeffizient berechnet wurde (Tab. 7.6).

Tab. 7.6 Rangkorrelation nach Spearman ( $r_s$ ) für die Anzahl von *Andropogon gayanus* und *Senna obtusifolia* in der offenen und geschützten Savanne 1994-96 ( $n = 3; 0,25 \text{ m}^2$ )

Pflanzenkombination	offene Savanne		geschützte Savanne	
	$r_s$	Signifikanz	$r_s$	Signifikanz
<i>S. obt.</i> -2-Blatt <sup>1</sup> / <i>S. obt.</i> <sup>2</sup>	0,598	0,010	- 0,090	n.s.
<i>S. obt.</i> -2-Blatt/ <i>A. gayanus</i>	- 0,234	n.s.	- 0,082	n.s.
<i>S. obt.</i> / <i>A. gayanus</i>	- 0,070	n.s.	0,341	0,081 <sup>n.s.</sup>

<sup>1</sup> *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen, <sup>2</sup> wachsende *S. obtusifolia*-Pflanzen

*Pennisetum pedicellatum* keimt und entwickelt sich mit 15,7 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  (im Mittel) gut in der offenen Savanne. Der Bestand geht in den Folgejahren 1995-96 zurück (auf 4,3 bzw. 1,6 Pflanzen). In der geschützten Savanne entwickelt sich *P. pedicellatum* nur gering mit konstanter (2,6) Bestandsdichte.

*Senna obtusifolia*-Bestände verringern sich in mit *P. pedicellatum* eingesäten Parzellen in der offenen Savanne im Ansaatjahr von 70 (Juni) auf 15 Pflanzen (November). Nach dem Tukey-Test konnte im November 1994 kein Unterschied zur Kontrolle ermittelt werden (Tab. A7.43). Im Folgejahr keimten zu Beginn der Regenzeit 13 *S. obtusifolia*-Pflanzen. Hinzu kamen noch 34 größere Pflanzen. Bedingt durch die Trockenheit fiel die *S. obtusifolia*-Dichte auf 2 Pflanzen im November 1995 ab. Zwei Jahre nach der Ansaat von *P. pedicellatum* lag

die *S. obtusifolia*-Dichte im Oktober 1996 bei 13 Pflanzen (30% Reduktion zu Oktober 1994). Im Dunnett-Test zeigte zu diesem Zeitpunkt keine Signifikanz zur Kontrolle (Tab. A7.44).

In der geschützten Savanne kann die Keimaktivität im Ansaatjahr vernachlässigt werden. Zu Beginn der Trockenzeit stand nur noch 1 (von anfänglich 3) *S. obtusifolia*-Pflanzen im Zählquadrat. Im Folgejahr keimen jeweils 1 *S. obtusifolia*-Pflanze im Juni und Juli – danach findet kein Samenaufbruch mehr statt. Zu Beginn der Trockenzeit 1995 besteht kein Unterschied zur Kontrolle. Der *S. obtusifolia*-Bestand entwickelte sich wie 1994. Es kommt einmalig im Juni 1996 zum Keimen von 2 *S. obtusifolia*-Pflanzen. Der Bestand fällt von 7,7 auf 1,3 Pflanzen im Oktober 1996 und unterscheidet sich zu diesem Zeitpunkt im Dunnett-Test signifikant ( $p = 0,041$ ) von der Kontrolle mit 4,0 Pflanzen (Tab. A7.46). Die Steigerung von 1 auf 1,3 Pflanzen von Oktober 1994 auf 1996 kommt einer Bestands-erhöhung von *S. obtusifolia* um 23% gleich (Tab. 7.7).

Tab. 7.7 Entwicklung von *Pennisetum pedicellatum* in den Versuchsflächen der offenen und der geschützten Savanne im Vergleich zu *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen und wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen von 1994-96 in den gleichen Flächen ( $n = 3$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

WÖT Termin	OS <i>S. obt.</i> -2-Blatt-Stadium <sup>1</sup>	GS	OS <i>S. obtusifolia</i>	GS	OS <i>P. pedicellatum</i>	GS
06.94	3,7	3,3	69,7 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	18,3 <sup>b</sup>	1,0 <sup>a</sup>
08.94	-	-	26,0 <sup>b</sup>	4,7 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>	3,7 <sup>a</sup>
10.94	-	-	18,3 <sup>b</sup>	1,0 <sup>a</sup>	10,3 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>
$\bar{x}$	1,2	1,1	38,0 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	15,7 <sup>b</sup>	2,5 <sup>a</sup>
06.95	9,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>	33,7 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	5,7 <sup>b</sup>	0,3 <sup>a</sup>
08.95	1,0	-	10,3 <sup>b</sup>	3,7 <sup>a</sup>	4,0	4,3
10.95	-	-	3,0	1,3	3,3	4,0
$\bar{x}$	3,3 <sup>b</sup>	0,3 <sup>a</sup>	15,7 <sup>b</sup>	2,6 <sup>a</sup>	4,3	2,9
06.96	2,3	1,3	16,7 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>	0,7	2,7
08.96	-	-	16,7 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	1,3	2,0
10.96	-	-	12,7 <sup>b</sup>	1,3 <sup>a</sup>	2,7	2,7
$\bar{x}$	0,8	0,4	15,4 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	1,6	2,5
$\bar{x}_{\text{ges}}$	1,8 <sup>b</sup>	0,6 <sup>a</sup>	23,0 <sup>b</sup>	2,9 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>	2,6 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*-Keimpflanzen, Mittelwerte in den **Zeilen** der gleichen Kategorie mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander

Die Auswertung der Daten mittels Binomial-Test, um Unterschiede zwischen dem Bewuchs mit *P. pedicellatum* und *S. obtusifolia* in der offenen und der geschützten Savanne aufzuzeigen, erfolgt in Tab. A7.53-A7.55. Bei den *S. obtusifolia*-Keimpflanzen zeigten sich lediglich im Juni 1995, im Mittel 1995 und im Mittel 1994-96 signifikante Unterschiede. Der Vergleich

der wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen ergab (außer Oktober 1994) signifikante Unterschiede, wobei sowohl bei Keimlingen als auch bei den wachsenden Pflanzen von *S. obtusifolia* die höheren Bestände in der offenen Savanne zu finden waren. *Pennisetum pedicellatum* zeigte von 1994 bis Juni 1995 eine signifikant höhere Pflanzendichte in der offenen Savanne. Danach sanken die Bestände in diesem Weideökotyp. Ein Vergleich zur geschützten Savanne ergab jedoch keine Signifikanz. Erst der Mittelwert aus 1994-96 für *P. pedicellatum*-Bestände in der offenen Savanne zeigte signifikant mehr Gräser als in der geschützten Savanne.

Wie auch bei *A. gayanus* konnte für *P. pedicellatum* keine signifikante Konkurrenzwirkung nachgewiesen werden. In der offenen Savanne konnte keine Unterdrückung von *S. obtusifolia* durch *P. pedicellatum* festgestellt werden. Die wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen und *P. pedicellatum* zeigen statt dessen einen signifikanten positiv korrelierten Zusammenhang, d.h. beide Arten kommen gleichzeitig ohne Konkurrenz vor. Tendenziell ist ein negativer (nicht signifikanter) Zusammenhang in der geschützten Savanne zu beobachten (Tab. 7.8).

Tab. 7.8 Rangkorrelation nach Spearman ( $r_s$ ) für die Anzahl von *Pennisetum pedicellatum* und *Senna obtusifolia* in der offenen und geschützten Savanne 1994-96 ( $n = 3$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Pflanzenkombination	offene Savanne		geschützte Savanne	
	$r_s$	Signifikanz	$r_s$	Signifikanz
<i>S. obt.</i> -2-Blatt <sup>1</sup> / <i>S. obt.</i> <sup>2</sup>	0,473	0,013	0,415	0,031
<i>S. obt.</i> -2-Blatt/ <i>P. pedicellatum</i>	0,036	n.s.	- 0,307	0,119 <sup>n.s.</sup>
<i>S. obt.</i> / <i>P. pedicellatum</i>	0,584	0,001	- 0,112	n.s.

<sup>1</sup> *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen, <sup>2</sup> wachsende *S. obtusifolia*-Pflanzen

#### 7.3.2.5 Populationsdynamik von *Senna obtusifolia*

Unter Populationsdynamik werden in Anlehnung an WETZEL (1988) sowohl Fluktuation (Änderungen der Abundanz von einer Generation zu nächsten), als auch Oszillation (kurzfristige Schwankungen im Ablauf einer Generation) mit gelegentlich auftretender Gradation (Massenaufreten) verstanden. Die Ergebnisse des Binomial-Tests für den Vergleich der einzelnen Monate sind in Tabelle A7.47 bis A7.52 für die Keimpflanzen und die wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen für die drei Weideökotypen im Anhang aufgeführt.

Ein auszugsweiser Vergleich der *S. obtusifolia*-Bestände zu Beginn (Juni) und zum Maximum (August) der Regenzeit ergab für die drei Weideökotypen, nach Berechnung der Mittelwerte über alle Behandlungen, (ausgenommen Kontrolle) folgendes Bild:

Im Behandlungs- und im Folgejahr standen im Juni jeweils 10 Keimpflanzen im Mittel je  $0,25 \text{ m}^2$  in den Behandlungsflächen der offenen Savanne. Zu Beginn der Regenzeit 1996 sank diese Anzahl auf 3 Keimpflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$ . In der Kontrolle stieg die Zahl der Keimlinge zunächst von 5 auf 13 und sank im zweiten Jahr der Beobachtung auf 4 Keimpflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$ . Bei den wachsenden *S. obtusifolia*-Pflanzen konnte ein starker Rückgang im Mittel der Population in den Behandlungen sowie in der Kontrolle im Folgejahr von 75 auf 24 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  verzeichnet werden. Der Populationsrückgang von 1995 auf 1996 war mit 5 auf 19 *S. obtusifolia*-Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  nicht so deutlich. Dabei war die Differenz zwischen Behandlungen und Kontrolle jeweils im gleichen Betrachtungsmonat gering.

Die Dichte der *S. obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen Savanne im August ist gering. Es lässt sich aus diesem Grund kein Entwicklungstrend feststellen. Die größeren *S. obtusifolia*-Pflanzen zeigen im Mittel einen Rückgang von 17 auf 7 bzw. 39 auf 7 Pflanzen in der Behandlung bzw. in der Kontrolle von August 1994 auf 1995. Danach steigt die Pflanzendichte im August 1996 auf 16 *S. obtusifolia*-Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$  in den behandelten Parzellen bzw. auf 24 in der Kontrolle wieder an.

In der geschützten Savanne sind die Bestände von *S. obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 und 1995 gering (0,5 oder weniger). Lediglich im Juni 1996 konnten Keimaktivitäten beobachtet werden. In den behandelten Parzellen standen 1,2 und in der Kontrolle 1,7 Keimpflanzen. Im August des gesamten Beobachtungszeitraums konnten keine Keimlinge nachgewiesen werden. Bei den großen *S. obtusifolia*-Pflanzen konnte im Juni im Mittel ein Rückgang von ca. 4 Pflanzen auf 1-2 Pflanzen in sämtlichen Flächen registriert werden. Im Juni 1996 steigt die Population auf 6-7 Pflanzen an. Die Beobachtungen für den Monat August ergaben über den Zeitraum 1994-96 eine gleichbleibende *S. obtusifolia*-Dichte zwischen 2-3 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$ .

Der *S. obtusifolia*-Bestand in der kultivierten Savanne zeichnet sich durch sehr geringe Keimaktivität aus. Es wurden 0,1 Keimpflanzen im Juni 1994 gezählt. Zu anderen Zeitpunkten konnten nahezu keine Keimpflanzen nachgewiesen werden. Auch die großen *S. obtusifolia*-Pflanzen bleiben unter 0,6 Pflanzen je  $0,25 \text{ m}^2$ . Lediglich im Juni 1995 ist ein leichter Anstieg auf 1,1 Pflanzen in den Behandlungen festgestellt worden.

Die Ergebnisse der Rangvarianzanalyse des Vergleiches der *S. obtusifolia*-Dichte im November 1994 mit November 1995 und Oktober 1996 sind in den Tabellen 7.9-7.10 dargestellt. Im November 1995, ein Jahr nach der Behandlung, unterscheidet sich die *S. obtusifolia*-Dichte aller Varianten sowie der Kontrolle in den drei Weideökotypen nach dem ANOVA-F-Test (Tab. 7.9) hinsichtlich aller Effekte und deren Verknüpfungen voneinander. Der Vergleich der *S. obtusifolia*-Dichte aller Varianten einschließlich Kontrolle im Oktober 1996 nach zweijähriger Behandlungspause mit der *S. obtusifolia*-Dichte im November 1994 ergibt nach dem ANOVA-F-Test (Tab. 7.10) ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen sämtlichen Faktorkombinationen.

Tab. 7.9 Vergleich der *Senna obtusifolia*-Dichte [0,25 m<sup>2</sup>] im November 1994 und November 1995 in den Hauptversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Jahr	1,00	18,63	< 0,0001
Weideökotyp	1,85	172,21	< 0,0001
Methoden	9,35	8,10	< 0,0001
Jahr*Weideökotyp	1,87	24,44	< 0,0001
Weideökotyp*Methoden	13,50	1,75	0,0422
Jahr*Methoden	8,61	9,25	< 0,0001
Jahr*Weideökotyp*Methoden	12,30	2,57	0,0019

\* zwischen zwei oder mehreren Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Tab. 7.10 Vergleich der *Senna obtusifolia*-Dichte [0,25 m<sup>2</sup>] im November 1994 und Oktober 1996 in den Hauptversuchsflächen der drei Weideökotypen im ANOVA-F-Test

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Jahr	1,00	84,78	< 0,0001
Weideökotyp	1,94	227,45	< 0,0001
Methoden	7,65	7,06	< 0,0001
Jahr*Weideökotyp	2,00	31,53	< 0,0001
Weideökotyp*Methoden	14,70	2,78	0,0002
Jahr*Methoden	7,65	6,66	< 0,0001
Jahr*Weideökotyp*Methoden	13,70	2,01	0,0144

\* zwischen zwei oder mehreren Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Auf Grund des Modellansatzes der Rangvarianzanalyse ist es möglich, allgemeine Aussagen hinsichtlich der Wirkung der Effekte sowie deren Wechselbeziehungen auf die *S. obtusifolia*-Dichte zu treffen, d.h. es bestehen generell signifikante Unterschiede zwischen den Parametern (HOLLENHORST pers. Mitteil. 2004/05). Im Mittel der Behandlungen und Kontrolle fan-

den sich im November 1994 in der offenen Savanne 6 bzw. 26 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup>. Die Differenz zeigt mit einem Mehrbestand von 20 Pflanzen in der Kontrolle die Wirksamkeit der Bekämpfungsmaßnahmen im Anwendungsjahr. Die Unkrautdichte erfuhr im November 1995 einen Rückgang auf ca. 3 *S. obtusifolia*-Pflanzen in sämtlichen Parzellen. Da es 1995 wenig regnete ist dieser partiell witterungsbedingt. Im Oktober 1996 wurden 13 bzw. 25 *S. obtusifolia*-Pflanzen gezählt, was einer Differenz von 12 Pflanzen entspricht. Dies bedeutet einen Anstieg in den Behandlungen um 7 *S. obtusifolia*-Pflanzen 0,25 m<sup>2</sup> und einen Gleichstand in den Kontrollparzellen.

In der geschützten Savanne wurden im Mittel 1-2 *S. obtusifolia*-Pflanzen gezählt. Lediglich die Kontrollparzellen ließen im Oktober 1996 mit 4 Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> einen leichten Anstieg erkennen. Der Gesamtbestand geht für die Beobachtungsperiode 1994-96 nicht über 6 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> in diesem Weideökotyp hinaus.

Die Parzellen der kultivierten Savanne blieben im November 1994/95 sowie im Oktober 1996 nahezu unkrautfrei. Die größte Unkrautdichte wurde mit 0,4 *S. obtusifolia*-Pflanzen je 0,25 m<sup>2</sup> in den behandelten Parzellen im Oktober 1996 festgestellt. Hier bleibt die *S. obtusifolia*-Dichte unter 2 Pflanze je 0,25 m<sup>2</sup> (1994-96).

Die eingezäunten Weideökotypen zeichnen sich durch eine geringe *S. obtusifolia*-Dichte aus, die über den gesamten Beobachtungszeitraum zu Beginn der Trockenzeit niedrig ist. Dies lässt einerseits auf das geringe Unkrautrisiko (*S. obtusifolia*-Dichte, Samenproduktion, geringe Keimaktivität) und andererseits auf die verhältnismäßig dichte und konkurrenzstarke Krautschicht schließen, die nach Evaluierung sämtlicher Bekämpfungsverfahren als wirksamste und weideökologisch nachhaltigste Methode zur Kontrolle von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne Nordnigerias propagiert werden muss (cf. MACKEY *et al.* 1997).

Der Anstieg und die hohe *S. obtusifolia*-Dichte (Gradation) lassen auf die starke Verunkrautung (Pflanzenzahl) und die Regenerationsfähigkeit (Samenvorrat) von *S. obtusifolia* sowie das geringe Konkurrenzpotential der verbleibenden Krautschicht in den Parzellen des Hauptversuchs der offenen Savanne schließen. Des Weiteren ist die Unzulänglichkeit von einmaligen, auf das Jahr 1994 beschränkten Behandlungen erkennbar. Es müssen demzufolge mehrjährige Ausführungen von Bekämpfungsmaßnahmen in Betracht gezogen werden. Schließlich muss, um eine nachhaltige Reduktion der *S. obtusifolia*-Bestände in der offenen Savanne zu erreichen, die Konkurrenzwirkung der Krautschicht derer in den eingezäunten Weiden angeglichen werden. Dies ist nur durch angepasste Beweidung mit entsprechenden Tierzahlen gegeben (cf. STURM 1993).

Abschließend einige Bemerkungen zur phänologischen Entwicklung von *S. obtusifolia*, die Keimung, Sämlings-/Wachstumsphase, Blüte, Frucht-/Samenbildung, Aussamung und Samenruhe umfassen. Die Ableitung von empfindlichen Phasen, die für die Bekämpfung besonders erfolgversprechend sind, ist aus der vorliegenden Datenlage problematisch (fehlende signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen 1995). Grund dafür ist der Rückgang der *S. obtusifolia*-Dichte während der Regenzeit durch Selbstausdünnung (Oszillation) und die Schwankungen der *S. obtusifolia*-Population in verschiedenen Jahren (Fluktuation), die besonders in lückigen Beständen der offenen Savanne deutlich werden. Letztere werden u.a. auf die Trockenheit 1995 (480 mm) zurückgeführt. Die geringere *S. obtusifolia*-Dichte in den eingezäunten Weiden wird durch die Konkurrenzwirkung der Krautschicht bedingt. Bei sämtlichen Verfahren zur Bekämpfung von *S. obtusifolia* gilt es, die Verhinderung der Samenproduktion, die Erschöpfung des Bodensamenvorrats und die Schließung von Lücken in der Vegetation der Krautschicht zu erreichen.

In Tabelle 7.11 werden Vorschläge zur Bekämpfung von *S. obtusifolia* unter Berücksichtigung der möglichen Verfahren genannt. Die Auswahl des jeweiligen Verfahrens ist von den Rahmenbedingungen, vom Klima über Phänologie von *S. obtusifolia* bis zu Aspekten der Weideökologie und Sozioökonomik sowie Landnutzungsrechten und politischer Priorität, abhängig.

Tab. 7.11 Zusammenhang von phänologischen Stadien von *Senna obtusifolia* und prinzipiellen Möglichkeiten der Bekämpfung (HIDEUX 1984, ANNING *et al.* 1989, GREAVES 1993, SKEA 1996d)

Phänologie	Zeitraum	Wuchshöhe <sup>44</sup> [cm]	Bekämpfungsverfahren	Anwendung, Bemerkung
Keimung	Mai - Sep.	-	kulturtechnisch	Ansaat mit Beginn der Regen
Sämling	Mai - Sep.	2-7	biologisch	Myko-Herbizid <sup>45</sup>
Wachstum, früh	Mai - Jun.	8-30	mech./chem.	1. Schnitt, Jun.; Herbizid <sup>45</sup>
Wachstum, spät	Jul. (- Okt.)	31-40	mechanisch	2. Schnitt, Jul.
Blüte	Aug. - Sep.	41-50	[mechanisch]	[3. Schnitt, Aug.]
Hülsen	Aug. - Sep.	51-60	}	}
Samenreife	Nov. - Dez.	> 61	} biologisch	} <i>Caryedon pallidus</i>
Aussamung	Dez. - Mrz.	> 61		
Samen i. Boden	ganzjährig	-	]	] (Samenruhe > 5 Jahre)

<sup>44</sup> Richtwert (eigene Beobachtung)

<sup>45</sup> In hohem Maß von der Witterung abhängig.



Feuer sowie Jäten, Eggen und Pflügen, werden als Bekämpfungsverfahren zur Kontrolle von *S. obtusifolia* nicht favorisiert. Konventionelle und Myko-Herbizide sowie Ansaat von Futterpflanzen sind kosten und/oder arbeitsintensiv, erfordern hohe technische Voraussetzungen und belasten im Fall der Applikation von Chemikalien die Umwelt. Schneiden gilt als kostengünstige Alternative mit geringem Arbeits-, aber hohem technischen Aufwand. Das Einzäunen von Weideparzellen ist im Rahmen von Maßnahmen wie dem „SEP“-Programm auf Flächen von 10-700 ha möglich (SKEA 1996d), jedoch unter den gegebenen sozio-ökonomischen Bedingungen der Sudansavanne in Nordnigeria ausgeschlossen. Das Erreichen einer tragfähigen Weideführung ist demnach v.a. über die Reduktion bzw. Verteilung der Tierherden zu gewährleisten. GLATZLE (1990: 129ff.) schlägt außerdem Maßnahmen wie Futterausgleich und Ergänzungsfütterung vor (optimaler Tierbesatz, Futterreserven, -konservierung, Anlegen von Spezialweiden – „fodder bank“<sup>46</sup>, Leguminoseneinsaat, Futtergehölze, Zweinutzungskulturen, Ernterückstände, Futtermittelzukauf). Die Installation von z.B. *Stylosanthes* spp. als „fodder bank“ birgt nach STURM (1993) v.a. Probleme im Flächenbedarf (4 ha), Zaunmaterial und nicht zuletzt in der notwendigen geregelten Nutzung.

#### 7.4 Zusammenfassende Schlussfolgerung

- Generell stark schwankende *S. obtusifolia*-Population in den Beobachtungsjahren muss z.T. auf Umwelteinflüsse (cf. Abschnitt 6.4) zurückgeführt werden. Im Wesentlichen kam es trotz Behandlung zu einem Anstieg der Verunkrautung im Oktober 1996, verglichen mit den jeweiligen Ausgangsdaten auf Grund hoher Niederschläge und einem hohen Samenvorrat im Boden.
- geprüfte Verfahren zur Regulierung von *S. obtusifolia*:
  - phänologische Phasen, die sich für die Bekämpfung als besonders günstig erweisen, können anhand der vorliegenden Versuchsdaten nicht genannt werden; allgemein muss die Ausschüttung der Samen von *S. obtusifolia* verhindert und die Konkurrenzkraft der Krautschicht gestärkt werden, d.h. die Anwendung sollte so früh wie möglich erfolgen, um die diesjährige Samendispersion zu verhindern (ggf. wiederholt),
  - manuelle Ausführung ist großflächig nicht praktikabel,
  - chemische Verfahren können wegen methodischer Mängel nicht berücksichtigt werden, sind aber mit finanziellem Aufwand und Umweltrisiken verbunden,

<sup>46</sup> cf. PETERS (1992) PETERS *et al.* (1994) AGYEMANG *et al.* (1998) und Tab.A3 sowie Tab. A8.1-2

- kulturtechnische Verfahren (Einsatz von Futterpflanzen) führen zu einer Verbesserung der Futtersituation, sind jedoch kosten- und arbeits- sowie nutzungsintensiv und in semi-ariden Gebieten verstärkt Witterungseinflüssen unterworfen.
- Ausschluss von Weidetieren in der geschützten und kultivierten Savanne zeigt eine geringe Verunkrautung gegenüber der offenen Savanne. Das Einzäunen und die Kultivierung von Savannenflächen ist allerdings teuer und erfordert einen hohen Arbeitsaufwand sowie Vorkehrungen zum Schutz vor illegaler Nutzung.
- In Maßnahmen der Weidewirtschaft, wie zeitweiliger Ausschluss von Weidevieh, angepasster Tierbesatz, Ausgleich von Nährstoffbedarf und -angebot, optimaler Beweidungszeitpunkt und schonender Umgang mit Gehölzen sowie opportunistischem Herdenmanagement<sup>47</sup>, die eine Erholung und Stabilisierung der Weidevegetation und eine Stärkung der Konkurrenzkraft gegenüber *S. obtusifolia* zulassen, liegen die Alternativen zur völligen Überweidung. D.h. durch regulierende, angepasste Beweidungstechniken wird eine adäquate Weideführung und folglich ein verhältnismäßig konstantes Futterangebot bzw. dessen Auslastung unter den Bedingungen der Sudansavanne erreicht. Langfristig „hohe aber fluktuierende Tierbestände und Migrationsmuster der Nutzung von Futterressourcen sowie Herdenmobilität“<sup>47</sup> werden als wichtige Merkmale der pastoralen Landbewirtschaftung genannt. Von zentraler Bedeutung wird hier zunehmend die Frage der Landnutzung<sup>47</sup>. Die daran gekoppelten rechtlichen Grundlagen sollten der Flexibilität der Tierhalter Rechnung tragen und diese fördern.
- Auf eine Verbesserung der Integrationsansätze zwischen Tierhaltung und Ackerbau mit für die Tierzüchter so wichtigen Komponenten wie Stoppelweide, Feldfutterbau und Futterkonservierung, sollte geachtet werden. In der Schaffung funktionierender Infrastrukturen und Märkte (Tiervermarktung bei Futterknappheit)<sup>47</sup>, abgesichert durch administrative Rahmenbedingungen (dezentralisierte Regulierung, begleitende Beobachtung, Abdeckung örtlicher Notwendigkeiten)<sup>47</sup> liegt die Basis für eine nachhaltige Weidewirtschaft und letztlich auch für die erfolgreiche Kontrolle von *S. obtusifolia*.

---

<sup>47</sup> STEINBACH (1989) WESTOBY *et al.* (1989) BEHNKE & SCOONES (1993) SCOONES (1996)

## 8 Allgemeine Diskussion und Ausblick

Die botanischen Charakteristika von *S. obtusifolia* in Nordnigeria variieren nicht von denen für *S. obtusifolia* in der Literatur angegebenen (cf. BARTHA 1970, GHAZANFAR 1989). Ein Vergleich mit Materialien des Herbariums der botanischen Abteilung des Senckenbergischen Museums in Frankfurt a.M. und der Westafrika-Abteilung des Sonderforschungsbereichs 268 der Goethe-Universität Frankfurt a.M., erbrachte keine Unterschiede in der Morphologie (insbesondere bezüglich der Blattdrüsen) zwischen *S. obtusifolia*-Pflanzen aus eigenen Untersuchungen in Nordnigeria und Pflanzenmaterial beispielsweise aus Burkina Faso, Togo und Benin sowie den Kapverdischen Inseln. Der Untersuchungsgegenstand scheint also in Westafrika weit verbreitet und für die Region charakteristisch zu sein. Die hier vorgelegten Forschungsergebnisse haben demzufolge Bedeutung über den Standort hinaus.

### 8.1 Verbreitungspotential von *Senna obtusifolia*

Die Anzahl der Hülsen je Pflanze von *S. obtusifolia* in Nordzambia weicht stark von Exemplaren in den USA ab. Die Angaben zu *S. obtusifolia* in den USA beziehen sich auf Pflanzen im Soja- und Erdnussanbau. Während eigene Untersuchungen Zahlen von 3-12 Hülsen je Pflanze ergaben, wurden in zehn Bundesstaaten der USA ca. 200-300 Hülsen je Pflanze gezählt (RETZINGER 1984). Literaturangaben über die Anzahl der Hülsen von *S. obtusifolia* in Afrika liegen nicht vor. Ein möglicher Grund für die großen Unterschiede kann in den klimatischen Gegebenheiten zu finden sein. Höhere Lufttemperaturen, geringere und variable Niederschlagsmengen und zeitweilige Wasserknappheit während der vegetativen Phase in Nordnigeria sorgen für höheren physiologischen Stress für *S. obtusifolia* in der Sudansavanne, als im Südosten der USA oder in Queensland, Australien. Auch die Bodenqualität, insbesondere die Bereitstellung von Stickstoff, leistet einen positiven Beitrag zur Entwicklung der Pflanzen. Weiterhin ist die Wasserhaltefähigkeit der Böden und damit die Verfügbarkeit an Wasser für physiologische Prozesse bei den Pflanzen ein wichtiger Qualitätsfaktor. Die sandigen Böden Nordnigerias weisen eine vergleichsweise geringe Wasserhaltekapazität auf. Somit kann *S. obtusifolia* in Nordnigeria nicht eine vergleichbare Anzahl an Hülsen hervorbringen.

Die Anzahl der Samen je Hülse von *S. obtusifolia* in Afrika ist aus der verfügbaren Literatur nicht direkt ersichtlich. Mehrere Autoren geben die Hüslenlänge mit 13-21 cm an. Das würde bei einer mittleren Samenlänge von 0,5 cm in Afrika (BRENAN 1967) etwa 23-39 eng aneinan-

der liegenden Samen je Hülse entsprechen (cf. WHITE 1962, MERXMÜLLER 1967, BARTHA 1970, IVENS *et al.* 1978, GHAZANFAR 1989).

*Senna obtusifolia* kann in Australien bis zu 15000 Samen pro m<sup>2</sup> produzieren (MACKEY *et al.* 1997). In den USA wurden zwischen 8000 und 14000 Samen je *S. obtusifolia*-Pflanze gezählt (BOZSA *et al.* 1989, SENSEMAN & OLIVER 1993, CLAY & GRIFFIN 2000). Die Forschungsergebnisse dieser Autoren gehen von 1-2 *S. obtusifolia*-Pflanzen je m<sup>2</sup> aus. Die potentielle Samenproduktion von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne Nordnigerias ist folglich mit 4600 Samen je m<sup>2</sup> bei 60 Pflanzen je m<sup>2</sup> (77 Samen je Pflanze) wesentlich geringer als die Samenmengen, die in Australien bzw. den USA ermittelt wurden. *Senna obtusifolia* bleibt in der geschützten und der kultivierten Savanne in der Samenproduktion mit 1000-2800 bzw. 130 Samen je m<sup>2</sup> weit hinter der Anzahl der Samen in der offenen Savanne zurück. Das zeigt sich auch in der Bestandsentwicklung von *S. obtusifolia*, die in der geschützten und kultivierten Savanne mit 10 bzw. 1 Pflanze(n) je m<sup>2</sup> (100-280 bzw. 130 Samen je Pflanze) mäßig bzw. gering ist. Es kann abschließend festgestellt werden, dass das Verbreitungspotential von *S. obtusifolia* im Norden des Zamfara-Weidegebiets derzeit in der kultivierten Savanne durch eine geringe Samenproduktion limitiert wird und daher in diesem Weideökotyp als niedrig einzuschätzen ist. Für die geschützte Savanne gilt dies nur eingeschränkt. In der offenen Savanne ist mit einem hohen Samenaufkommen zu rechnen. In den letzteren Weideökotypen besteht also ein mäßiges bis beträchtliches Unkrautrisiko. Die Toleranzspanne für die Samenproduktion von *S. obtusifolia* auf Naturweiden dürfte sich folglich im Bereich der geschützten und kultivierten Savanne bewegen. Die relativ dichte Krautschicht lässt nur wenige *S. obtusifolia*-Pflanzen in den eingezäunten Weiden bis zur Samenreife gelangen.

Die Verbreitung der Samen von *S. obtusifolia* erfolgt durch Samenschüttung in der Trockenzeit, d.h. die Hülsen öffnen sich klaffend. Weidetiere (ANNING *et al.* 1989, RANDALL 2001d), insbesondere Schafe und Ziegen, aber auch Wildtiere (GORDON-GRAY 1977), tragen zur weiteren Ausbreitung von *S. obtusifolia* bei, indem sie die Hülsen und Samen von den abgestorbenen Pflanzen während dieser Zeit aufnehmen (MALAMI pers. Mitteil. 2003). Ein (nicht benannter) Teil der Samen passiert den Verdauungstrakt unbeschadet (MACKEY *et al.* 1997, RANDALL 2001d) und ist keimfähig, mit dem Vorteil einer zusätzlichen organischen Düngung (KÉRÉ & THIOMBIANO 1999, NRM 2001b). Dies ist zwar für die Ökologie von *S. obtusifolia* von Vorteil, aber unter dem Gesichtspunkt des Weidemanagements als Nachteil zu bewerten, da das Risiko einer weiteren Verschleppung und Ausbreitung von *S. obtusifolia* in der Sudan-savanne damit erhöht wird. Vorhersagen über Ausbreitungsdistanz, Genfluss und Popula-

tionsstruktur sind bei zoochoren Pflanzen besonders schwierig, da diese Prognosen von der Mobilität der betreffenden Tiere und dem Anteil der vernichteten Samen während der Verdauung abhängen (cf. MÜLLER 2002).

Untersuchungen über die Samenbank von *S. obtusifolia* in der Literatur sind aus den USA und Australien verfügbar. BARARPOUR & OLIVER (1998) untersuchten den Bodensamenvorrat in Arkansas, USA (bis 20 cm Bodentiefe, Nassmethode) und fanden unter intraspezifischen Konkurrenzbedingungen im ersten Jahr 1000 und im zweiten Jahr 2500 Samen je m<sup>2</sup>. Für Queensland, Australien wurden 2000 *S. obtusifolia*-Samen je m<sup>2</sup> in einem dichten Bestand gezählt – ohne Angabe der Bodentiefe bzw. der Unkrautpopulation (NRM 2001b). Literaturangaben über den Samenvorrat von *S. obtusifolia* in Afrika liegen nicht vor.

Eigene Untersuchungen erbrachten einen wesentlich geringeren Samenvorrat von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne. Die mittlere Anzahl der Samen (1993-96) im Boden der offenen, geschützten und kultivierten Savanne betrug 180, 72 und 40 Samen je m<sup>2</sup> bei einer Bodentiefe von 10 cm. Ein Vergleich der Samenmengen von *S. obtusifolia* in den drei Weideökotypen zeigt, dass in der offenen Savanne zu allen Zeitpunkten der Samenvorrat am höchsten ist, ein Zeichen, dass hier eine große Samenanzahl im Boden dormant vorkommt bzw. eingetragen wird. In der geschützten und in der kultivierten Savanne findet ein allmählicher Aufbau der Samenbank statt, was möglicherweise durch Samenerzeugung, Beweidung mit Wiederkäuern (Samen im Dung) sowie eine zeitweilig lückige Krautschicht zum Ende der Trockenzeit (bessere Ansiedlung von *S. obtusifolia*) verursacht wird. Bei einer Keimrate von ca. 50% im Topfversuch können also ca. 90, 36, 20 Samen m<sup>-2</sup> im jeweiligen Weideökotyp zur Keimung gelangen. Da *S. obtusifolia*-Samen mindestens 5 Jahre keimfähig sind (ANNING *et al.* 1989), ist von der niedrigsten Samenmenge als Toleranzgrenze auf Weideflächen auszugehen. Die kultivierte Savanne sollte daher als Maßstab gelten. Die geschützte Savanne kann als intermediär angesehen werden.

Die bereits diskutierten Unterschiede beim Klima und den Bodenmerkmalen in Nordnigeria bzw. Nordostaustralien wirken sich auf die Vermehrungsrate von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne aus. Ein weiterer den Bodensamenvorrat reduzierenden Aspekt ergibt sich aus der Tatsache, dass diese z.B. den Larven des Samenkäfers *Caryedon pallidus* als Nahrungsquelle dienen (HIDEUX 1984). Der Anteil der konsumierten *S. obtusifolia*-Samen, der sich im Verlauf der Trockenzeit ändert, wurde noch nicht untersucht. Möglicherweise ist die bei der Bodensamenstudie gemessene Bodentiefe von 10 cm als nicht ausreichend in Erwägung zu

ziehen. Es könnte vermutet werden, dass sich *S. obtusifolia*-Samen z.T. in Bodenschichten unterhalb der 10 cm-Marke befinden. TEEM *et al.* (1980) und MURPHY *et al.* (1986) beobachteten *S. obtusifolia*-Samen, die in einer Bodentiefe von 12-15 cm lagerten und keimten.

In den behandelten Parzellen des Hauptversuchs in der offenen Savanne wurden etwa 40 Keimlinge je m<sup>2</sup> im Juni 1994 gezählt, was auf eine umfangreiche Samenbank hindeutet. Es könnte hier ein Eintrag durch Insekten, Vögel oder andere Tiere stattgefunden haben (*cf.* BRENER & SILVA 1996, MILLER 1996). Durchziehende Wiederkäuer transhumanter Fulbe-Herden kommen als Quelle neuer *S. obtusifolia*-Samen ebenfalls in Betracht. Da die Regenfälle bereits im April begannen und im Juni eine Niederschlagsmenge von 122 mm fiel, kommen auch witterungsabhängige Vorteile in Betracht. Dem gegenüber kann die hohe Keimaktivität von 40 *S. obtusifolia*-2-Blattpflanzen je m<sup>2</sup> im Juni 1995 (27 mm) in den gleichen Parzellen nicht auf witterungsbedingte Einflüsse zurückgeführt werden. Hier hat ein externer Eintrag von *S. obtusifolia*-Samen stattgefunden. Interessanterweise konnten trotz hoher Niederschläge (208 mm) im Juni 1996 nur 11 *S. obtusifolia*-Keimlinge je m<sup>2</sup> in der offenen Savanne in den Behandlungen gezählt werden. Dem gegenüber konnten in der geschützten Savanne nur 1-5 *S. obtusifolia*-Keimlinge je m<sup>2</sup> beobachtet werden. In der kultivierten Savanne ist die Keimaktivität weitgehend nicht nachweisbar. So ist für die Keimung von *S. obtusifolia* nicht die Menge, sondern der Zeitpunkt der Niederschläge ausschlaggebend. Weiterhin spielen Samenproduktion und -eintrag sowie die Bodenbedeckung der Krautschicht eine wichtige Rolle.

Es ergibt sich folgender Forschungsbedarf: Die Samenvorräte von *S. obtusifolia* sollten im gesamten Zamfara-Gebiet an einigen festgelegten Messpunkten zu Beginn der Regenzeit (restliche Samen vom Vorjahr zuzüglich Neueintrag durch Tiere) und zu Beginn der Trockenzeit (Dispersion der diesjährigen Samenproduktion) gezählt werden, um einen Überblick über den Verlauf und die Entwicklung dieser Samenvorräte zu bekommen.

## 8.2 Nutzungsmöglichkeiten von *Senna obtusifolia*

Einer potentiellen Verunkrautung des Zamfara-Weidegebiets durch *S. obtusifolia* stehen folgende Nutzungsmöglichkeiten bzw. -reserven gegenüber (*cf.* BECKER 1982/83, 1984, DAELEMAN & PAUWELS 1983, BURKILL 1995: 157-160, 621ff.):

- Nutzung als Gemüse in der Ernährung der lokalen Bevölkerung, vor allem während des Beginns der Regenperiode – zu einem Zeitpunkt, da die Getreidevorräte knapp werden,
- Nutzung als Medikament bzw. Getränkeaufguss,
- Nutzung als Baumaterial für Dächer, Schlafstellen, Schattenspenden, Umfriedungen *etc.*,
- Verwendung der trockenen Hülsen für Musikinstrumente, Kunsthandwerk und Spielzeug,
- Nutzung als Viehfutter, insbesondere die trockenen Hülsen und Samen und somit als Proteinquelle zum Ende der Trockenperiode – zu einem Zeitpunkt, da Futterreserven knapp bzw. aufgebraucht sind.

Außerdem sind mehrere positive Eigenschaften von Unkräutern allgemein (nach HOFFMANN & GEIER 1987) auf *S. obtusifolia* übertragbar:

- Tiefwurzler (mechanischer und biologischer Bodenaufschluss, Nährstoffpumpe),
- positive Effekte auf die Bodenbedeckung und -struktur (Schattengare),
- wichtiger Faktor als Erosionsschutz und somit langfristiger Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit,
- vielfältige Pflanzenbestände sind Ausdruck natürlicher Stabilität (Biodiversität) und enthalten Zeigerarten für Bodeneigenschaften.

Eigenen Beobachtungen zufolge wird *S. obtusifolia* im Zamfara-Weidegebiet zu Beginn der Regenzeit, wenn andere Nahrungsquellen knapp werden, als Gemüse gekocht, für die menschliche Ernährung verwendet. Der Konsum von *S. obtusifolia* reduziert in Dorfnähe die Unkrautpopulation (in der offenen Savanne) und entspricht den manuellen Jätevarianten. Der Einfluss dieser Reduktion wurde nicht geprüft, ist jedoch punktuell (Dorf- oder Trifftwegnähe) positiv zu bewerten. Der für *S. obtusifolia* beschriebene und diskutierte Bestandsrückgang während der Regenzeit ist nicht auf diese Erntetätigkeit zurückzuführen. Neben den genannten Nutzungsmöglichkeiten für die Ernährung und Verbesserung der Lebensbedingungen der ruralen Bevölkerung, haben im Zusammenhang mit der Weidewirtschaft die Gesichtspunkte des Futterangebots und der Bodenerhaltung besondere Bedeutung.

Eine grundsätzliche Frage ist, ob *S. obtusifolia* als Gift- oder Futterpflanze bezeichnet werden soll. Vergleicht man die Erfahrungen von *S. obtusifolia* beispielsweise mit denen über *Ziziphus mauritania* Lam. (*Rhamnaceae*), so ist die letztgenannte Art in Australien eine Giftpflanze und invasives Schadgehölz (LEFROY 2002, HYNZE *et al.* 2003). In Westafrika wird

*Z. mauritania* jedoch als eine wichtige Nutz- und Futterpflanze genannt (PÄTZOLD 1978, IBPGR 1984, GANABA & GUINKO 1995, NWAFOR 2002). Über *S. obtusifolia* liegen ähnlich widersprüchliche Aussagen vor<sup>48</sup>. In Amerika und Australien wird *S. obtusifolia* als giftig für Nutztiere genannt und beschrieben (EVEREST *et al.* 2000, RANDALL 2001d). Eigene Untersuchungen zum Futterwert und Tanningehalt von *S. obtusifolia*-Blatt-, Samen- und Hülsenmaterial ergaben einen hohen Rohprotein- und Energiegehalt sowie eine für Leguminosen relativ geringe Tanninkonzentration. In Westafrika wird *S. obtusifolia* zu bestimmten Zeitpunkten im Jahresverlauf als Futterpflanze und Rohproteinquelle hervorgehoben (BARTHA 1970, SPEEDY & PUGLIESE 1992, BURKILL 1995, KADIRI *et al.* 1996, MALAMI *et al.* 1998). Die Autoren sind sich einig, dass dies in besonderem Maß für die Trockenzeit zutrifft, wenn v.a. Schafe und Ziegen sich von den Hülsen und Samen von *S. obtusifolia* ernähren. Bei Antilopen und Ziegen wurde festgestellt, dass Tiere, die an tanninhaltige Weidepflanzen angepasst sind mit dem Speichel Proteine zur Tanninbindung ausgeschieden werden (GLATZLE 1990). Derartige Prozesse könnten die unterschiedlichen Literaturangaben erklären. Vorversuche mit kleinen Wiederkäuern zum Maximum der Regenzeit deuten darauf hin, dass *S. obtusifolia*-Blätter nur in Mangelsituationen aufgenommen werden. Schafe (Uda) zeigten Durchfallerscheinungen und reagierten empfindlicher als Ziegen (Red Sokoto), die gesund blieben.<sup>49</sup>

Eine zunehmende Ausdünnung der Pflanzendecke in den natürlichen Weidegebieten der Sudanzone durch Verbiss und Tritt der Nutztiere geht mit einer gesteigerten Freilegung größerer Flächen des Savannenbodens einher – es wächst die Gefahr der Bodenerosion (THOMAS 1984, BREMAN 1992, USMAN 1994a-b, LEISINGER & SCHMITT 1995). Falls die Besiedlung derartiger Bodenflächen mit beispielsweise *S. obtusifolia* nicht erfolgt, kommt es zu einer weiteren Verschlechterung der Bodenqualität bis hin zum vollständigen Abtrag der ohnehin schon geringen Bodenkrume durch Wind und Wasser. Es muss also die Wirkung und der Nutzen von *S. obtusifolia* als Erosions- und Bodenschutz klar herausgestellt werden. Im Sinne der Tierproduktion sind demgegenüber futterwerte und schmackhafte Gräser und Kräuter zu bevorzugen.

MILTON *et al.* (1994) entwickelten ein konzeptionelles Modell der Degradierung arider Weidegebiete (*cf.* ROBERTS 1985, MIDDLETON & THOMAS 1992). Angewandt auf das Zamfara-Gebiet ergeben sich – unter Einbeziehung botanischer Beispiele von KÜPPERS (1998),

<sup>48</sup> *cf.* Tab. A3 Angaben zu *Senna alexandrina* und *S. italica*

<sup>49</sup> *cf.* Erfahrungen über *S. tora* in Asien: PATEL *et al.* (1971) PANDIT *et al.* (1979) KATOCH & BHOWMIK (1983) MARWAHA *et al.* (1991) LIANG *et al.* (1995) PENAFLORIDA (2002) TRIVEDI *et al.* (2005)



MALAMI & HIERNAUX (pers. Mitteil. 2003) und aus eigenen Beobachtungen – folgende Degradationsstufen:

1. Wandel der Altersstruktur der Pflanzenpopulation, häufiger Verbiss von Futterpflanzenarten, Verhinderung der Samenbildung bzw. Jungpflanzenentwicklung und Vermehrung von nicht schmackhaften Arten (z.B. *Combretum micranthum* und *S. obtusifolia*),
2. Verringerung der Diversität und Produktivität der Weide,
3. Verschwinden von perennierenden Gräserarten, (z.B. *A. gayanus*) und Reduktion von annuellen Gräserarten (z.B. *Digitaria* spp., *P. pedicellatum*) sowie deren Ersatz durch unerwünschte Arten (z.B. *S. obtusifolia* und *Sida* spp.),
4. vollständiger Verlust der Vegetation und erhöhte Gefährdung der Böden durch Erosion.

Demnach befinden sich zumindest Teile des Zamfara-Weidegebiets auf Stufe 3 mit Tendenz zu Stufe 4 (cf. Abb. 2.3). Eingezäunte Projektflächen des „SEP“-Programms zeigen, dass eine Umkehrung der genannten Veränderungen möglich ist. Diese Degradationsstufen sind besonders deutlich in der offenen Savanne zu erkennen. In der geschützten und kultivierten Savanne konnte eine derartige Degradierung verhindert bzw. zurückgeführt werden.

Eigenen pflanzensoziologischen Untersuchungen zufolge konnte bei einem Vergleich von Flächen mit hoher und spärlicher *S. obtusifolia*-Dichte in den drei Weideökotypen festgestellt werden, dass die Bodenbedeckung im Mittel höhere Werte in den Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte aufwies. Es ergaben sich Gesamtmittelwerte von 80 bzw. 60% in dichten bzw. spärlich bewachsenen Flächen. Die Anzahl der Pflanzen der Krautschicht (unter Einbeziehung von *S. obtusifolia*-Pflanzen) erbrachte für dicht bzw. spärlich bewachsene Flächen Gesamtmittelwerte von 200 bzw. 215 Pflanzen je m<sup>2</sup> im Mittel der Vegetationszeit. In Flächen mit hoher Verunkrautung lag der Anteil von *S. obtusifolia* bei 43%. Im Gegensatz dazu wiesen Flächen mit geringer Verunkrautung nur einen Anteil von 6% *S. obtusifolia* auf.

Anhand des Vorkommens einzelner Gräser- und Kräuterarten, die zu Beginn der Trockenzeit noch vorhanden waren (wichtig für die Samenbank), lässt sich bezüglich der Präferenz gegenüber *S. obtusifolia* in der Krautschicht folgern: Arten wie *Aristida* und *Brachiaria* spp. neigen in der offenen und kultivierten Savanne, *Bulbostylis* spp. und *L. togoensis* in der geschützten Savanne und *S. gracilis* (Ende der Vegetationszeit) sowie *Z. glochidiata* in allen Weideökotypen zu einem vermehrten Vorkommen in Flächen mit spärlicher Verunkrautung. Dagegen kommen *C. biflorus*, *D. debilis* in der offenen und kultivierten Savanne und *P. pedicellatum* in der geschützten und kultivierten Savanne sowie *Amaranthus* spp. in der offenen

und geschützten Savanne, *Sida* spp. in der offenen und kultivierten Savanne und schließlich *Commelina* spp. in allen Weideökotypen häufiger in hoch verunkrauteten Flächen vor.

Die in der Literatur erwähnte Verdrängungs- und Konkurrenzwirkung von *S. obtusifolia* gegenüber der Weideflora kommt in den semi-ariden Gebieten der Sudansavanne nicht in dem Maß zum Tragen, wie das für den (sub-)humiden Nordosten Australiens beschrieben wurde, wo großflächig reine *S. obtusifolia*-Bestände nachgewiesen werden konnten (cf. ANNING *et al.* 1989, MACKEY *et al.* 1997).

Aus den vorliegenden Untersuchungen lassen sich folgende Konsequenzen für den semi-ariden Norden Nigerias ableiten. Die Biodiversität ist speziell in hoch und spärlich verunkrauteten Flächen weitgehend gleich. Falls signifikante Unterschiede nachgewiesen wurden, kamen sie (infolge höherer Artenzahl) in hoch verunkrauteten Flächen vor. Diese ergaben sich verstärkt in der offenen und ausgewählten Teilflächen der kultivierten Savanne. Einzige Ausnahme bildet die geschützte Savanne bei den Gräserarten im August. Das sporadische Auftreten von *S. obtusifolia* in spärlich verunkrauteten Flächen lässt sich nicht durch pedologische Besonderheiten erklären. Die statistischen Auswertungen der Bodenuntersuchungen in diesen Flächen erbrachten keine Unterschiede in Wasserhaltevermögen, pH-Wert oder Makronährstoffen, was diese Bodeneigenschaften als mögliche Ursache für eine höhere Besiedlung mit *S. obtusifolia* an bestimmten Stellen in den Hintergrund rücken lässt. Schließlich ist generell in den eingezäunten Weiden ein geringeres Aufkommen an *S. obtusifolia*-Pflanzen und -Samen zu konstatieren. Dies wird eindeutig der Konkurrenzwirkung der Krautschicht und somit dem positiven Effekt weidetechnischer Maßnahmen, insbesondere der Regulierung der Tierzahl, zugeschrieben.

Eine abschließende Hypothese könnte Anlass für weitere Forschung sein: kann *S. obtusifolia* als Reservoir für einige Nutz- und Futterpflanzenarten und somit als ein positiver ökologischer Faktor im Zamfara-Weidegebiet eingeschätzt werden? Der Effekt beruht vermutlich darauf, dass *S. obtusifolia* im fortgeschrittenen vegetativen Stadium von den Weidetieren verschmäht wird. Möglicherweise durch den strengen Geruch dieser Pflanzen werden die übrigen Vertreter der Krautschicht mehr oder weniger gemieden. Dies könnte z.B. für kriechende Vertreter wie *Commelina* spp. (z.B. *C. diffusa* Burn.f., *C. forskalaei* Vahl) zutreffen.

### 8.3 Unkrautgefährdung durch *Senna obtusifolia*

Die allgemein aus der Literatur bekannten Probleme von Weideunkräutern können für *S. obtusifolia* im Besonderen wie folgt charakterisiert werden (nach ANNING *et al.* 1989, GLATZLE 1990, RANDALL 2001c):

- Licht-, Nährstoff- und Wasserkonkurrenz durch zeitige Keimung bei geringen Niederschlägen, schnelles Wachstum sowie Wurzel-Allelopathie,
- schwer kontrollierbares Weideunkraut, da mit zunehmender Reife Ausbildung einer dicken Blattkutikula als Schutz gegen Herbizide, Insektenfrass und Beweidung,
- Weidetiere verschmähen *S. obtusifolia* im fortgeschrittenen vegetativen Stadium, weil mit zunehmender Wuchshöhe (Alter) nicht schmackhaft,
- angepasste Samenbiologie durch harte Samenschale, i.d.R. hohe Samenproduktion und großer Samenvorrat im Boden, lange Keimfähigkeit, zusätzlicher Vorteil der Verbreitung der Samen durch Tierdung.

Die Geschichte des Zamfara-Weidegebiets und dessen Umgebung zeigt, dass hier vermutlich seit 700 Jahren, insbesondere an dessen Westrand, Ackerbau stattgefunden hat (KRIEGER 1959). Daneben zogen zeitgleich Rinderherden durch das Gebiet, die den Fulbe-Hirten gehören (SCHÄFER 1998). In Folge von Kriegsereignissen und der Vertreibung der Ackerbauern wurde das Gebiet zeitweilig entvölkert (KRIEGER 1959). Es kam zur Ansiedlung einer Sekundärvegetation auf den z.T. in Hackkultur genutzten Flächen. *Senna obtusifolia* wird nachweislich als Bestandteil der örtlichen Ruderalflora vor 1950 genannt (KEAY 1949). In den letzten 20 Jahren wurde ein vermehrtes Auftreten von *S. obtusifolia* im Zamfara-Weidegebiet beobachtet (informelle Befragung mehrerer Fulbe-Hirten 1993/94). Es kann vermutet werden, dass eine positive Beziehung zwischen der Erhöhung der Anzahl der Nutztiere im Weidegebiet und einer steigenden *S. obtusifolia*-Dichte besteht. Das vermehrte Auftreten dieser Pflanze in der Nähe von Rastplätzen der Fulbe-Herden kann als Indiz für Zoochorie gewertet werden. Dadurch ergibt sich, zumindest stellenweise, der Hinweis auf Überweidung. Der Zusammenhang zwischen Tierzahl, Vegetationsnutzung und -überbeanspruchung sowie der ungehemmten Ansiedlung und Ausbreitung von *S. obtusifolia* ist folglich klar zu erkennen. Somit lässt sich schlussfolgern, dass *S. obtusifolia* als eine Indikatorpflanze für Überweidung im nördlichen Teil der Sudansavanne bezeichnet werden kann.

Sowohl kurz- als auch langfristig gesehen ist die Region des Sahel und der benachbarten Sudansavanne ein sich wandelndes Ökosystem. Sie unterliegt hinsichtlich Klima und Vegetation starken Schwankungen (HARE 1984, BONNEFILLE *et al.* 1997, LYKKE 1997, SALZMANN 1999, WEZEL *et al.* 1999, GNL 2000, DESANKER & MAGADZA 2001). Ein zunehmender Druck wird außerdem auf die Sudansavanne aus demografischer Sicht durch das Bevölkerungswachstum und die Einwanderung sog. Umweltflüchtlinge aus dem Sahelgebiet ausgeübt (STORKEBAUM 1983, MILAS 1984, BIERMANN 2001, SQUIRES 2001a, SCHOLZ 2003). Im Sahel und stellenweise auch in der nördlichen Sudansavanne ist das Vorkommen und die Häufigkeit von Schatten spendenden Holzgewächsen gering und wird durch den wachsenden Bedarf an Brenn- und Nutzholz sowie Viehfutter noch verringert (MAINGUET 1991, XUE & SHUKLA 1993, KÜPPERS 1998). Schatten durch Holzpflanzen oder eine konkurrierende Krautschicht hat negative Auswirkungen auf das Wachstum und die Entwicklung von *S. obtusifolia* (JONES & WALKER 1993, SKEA 1996d, MOHLER 2001b, NICE *et al.* 2001). Eine dichte, permanente Krautschicht, die das Wachstum und die Entwicklung von *S. obtusifolia* hemmen könnte, fehlt in semi-ariden Gebieten Westafrikas – zumindest zeitweise – weitgehend (MÜLLER-HOHENSTEIN 1979) soweit die Savannen nicht geschützt sind und einer strikt kontrollierten Beweidung unterliegen. Dies haben die Unterschiede zwischen der offenen und geschützten Savanne deutlich gezeigt. Dadurch kann es zu einem vermehrten Auftreten von krautigen Pflanzen, wie *S. obtusifolia*, in dieser lückigen Vegetation kommen. Die Literatur weist *S. obtusifolia* in Westafrika als besonders auf Sandböden vorkommende Pflanze aus (BARTHA 1970, HOUÉROU 1989, KÉRÉ & THIOMBIANO 1999). Auf Grund der gegebenen Umweltbedingungen ist das Zamfara-Weidegebiet für die Besiedlung mit *S. obtusifolia* geradezu prädestiniert.

Die Häufigkeit von *S. obtusifolia* im Zamfara-Weidegebiet (BIELFELDT 1993a, ELSHOLZ 1996b, SKEA 1996d, KÜPPERS 1998) wird als alarmierend eingeschätzt. Belegt durch diese Studien wird die potentielle Gefahr einer massiven Verunkrautung durch invasives Verbreitungs- und Wachstumsverhalten von *S. obtusifolia* von diesen Autoren betont.

Sämtliche Aussagen über die Verunkrautung des Zamfara-Weidegebiets beruhen auf Erhebungen, die zum Höhepunkt der Regenzeit durchgeführt wurden. Es erfolgt jedoch ein natürlicher Rückgang der *S. obtusifolia*-Bestände während der Regenzeit und zu Beginn der Trockenzeit. Eigenen Untersuchungen zufolge kam es zu einer deutlichen Reduktion der *S. obtusifolia*-Population in allen drei Weideökotypen während einer Entwicklungsperiode (Selbstausdünnung unter intraspezifischen Bedingungen, *cf.* SCHULZE *et al.* 2002). Ein Ver-

gleich des Juni- mit dem Novemberbestand in der offenen Savanne zeigte eine Abnahme von 100 auf 20 *S. obtusifolia*-Pflanzen je m<sup>2</sup>, d.h. 80% sterben im Verlauf der Regen- und beginnenden Trockenzeit ab (Mittelwert 1995/96); allerdings nicht ohne vorher zur Bodensamenbank beigetragen zu haben. Da sich in der Trockenzeit keine anderen wertvollen Pflanzen an Stelle der abgestorbenen *S. obtusifolia*-Pflanzen etablieren können, handelt es sich nicht um eine echte Reduktion. Die Komponente Niederschlag kann demnach als natürlicher Kontrollfaktor für *S. obtusifolia* eingeschätzt werden, wobei nicht die Menge, sondern eher die zeitliche und räumliche Verteilung von Bedeutung ist.

In der Literatur wurden keine Angaben über Schwellenwerte, d.h. ab wann *S. obtusifolia* auf dem Grasland zu einem Unkrautproblem wird, gemacht. Allgemein lässt sich sagen, dass eine Pflanze immer dann zu einem Unkraut wird, wenn sie eine Schadwirkung auf das Produktionsziel und den Ertrag – hier die Weideleistung – ausübt (cf. GLATZLE 1990, ZWERGER 1995). Der primäre Schaden wird durch die Konkurrenzwirkung von *S. obtusifolia* auf die Weidevegetation hervorgerufen. Dabei spielt in der Sudansavanne Nordwestnigerias der Faktor der partiellen Unterdrückung der Weideflora – nach eigener Auffassung – eher eine Rolle, als die totale Verdrängung einzelner Arten oder ganzer Pflanzengesellschaften.

Da für das Grasland keine Angaben über Schadens- bzw. Toleranzgrenze der krautigen Vegetation gegenüber *S. obtusifolia* vorliegen, wird somit Forschungsbedarf diesbezüglich deutlich. Welche Bestandsdichte von *S. obtusifolia* verdrängt die Weidevegetation und welche Unkrautdichte ist tolerabel, oder ist u.U. eine bestimmte Konzentration sogar für das Wachstum und die Entwicklung bestimmter Arten förderlich? Die Zahl auf eine konkrete Anzahl von *S. obtusifolia*-Pflanzen je m<sup>2</sup> festzulegen, wie dies auf dem permanent (während der Vegetationszeit bzw. Kultivierung) bedeckten Ackerland möglich ist (2-10 Pflanzen je Reihemeter bzw. 8 Pflanzen m<sup>2</sup>, cf. SIMS & OLIVER 1990, SHAW & HYDRICK 1993, CULPEPPER *et al.* 1997, ROYAL *et al.* 1997, NICE *et al.* 2001), hat sich im Einzelfall als fachlich inadäquat herausgestellt (KEES *et al.* 1984) und erweist sich auf den lückig bewachsenen Grasflächen der Sudansavanne als schwierig (HIERNAUX pers. Mitteil. 2005). Es muss prinzipiell zwischen der offenen Savanne und eingezäunten Savannenflächen unterschieden werden. Die Bodenbedeckung der Krautschicht kann als Faktor und Ausgangspunkt zur Evaluierung der Verunkrautung genutzt werden. Aspekte wie Witterungsverhältnisse (Einfluss auf Wachstum und Mortalität), Samenbank (Unkrautpotential), Konkurrenzkraft (Resistenz gegen Trockenstress, Beweidung, Vermehrungsrate) vorhandener bzw. eingesäter Arten und Immigration von Tierherden in der Trockenzeit (Beweidung, Verbreitung der

Samen) finden hier Berücksichtigung. Dies trägt der unterschiedlichen Bodenbedeckung und Biodiversität Rechnung. Als Zielvorgabe käme ein Anteil von *S. obtusifolia* am Gesamtbestand in Betracht, welcher letztlich dem in den eingezäunten Weiden entsprechen sollte.

Der Ist-Zustand in der offenen Savanne zeigt eine hohe Verunkrautung mit *S. obtusifolia* und eine relativ geringe Bodenbedeckung bei großer Schwankungsbreite. In den eingezäunten Savannenflächen ist die Situation umgekehrt. Das bedeutet konkret, dass eine Weiderehabilitation zumindest mit einem zeitweisen Ausschluss von Tierherden einhergehen sollte. Ob und wie diese Bewirtschaftung verwirklicht wird, hängt stark von den örtlichen Bedingungen, den Niederschlagsverhältnissen, dem Herden- und Weidemanagement sowie der Politik lokaler Behörden ab.

Das angestrebte Ziel sollte mit Hinblick auf die angeführten Nutzungsmöglichkeiten von *S. obtusifolia* nicht die totale Ausrottung dieser Pflanze sein, sondern ein zielgerichteter, stufenweiser Ersatz dieser Pflanze. Eine Ansiedlung bzw. eine Förderung des Weidepflanzenbestands hat dabei Priorität. Bei geringem Weidedruck entwickelt sich in der Regenzeit eine dichte Krautschicht – ohne oder mit nur sehr geringem Anteil an *S. obtusifolia*, wie Bestandsaufnahmen in der geschützten und der kultivierten Savanne zeigen.

Zusammenfassend über die Nutz- und Schadwirkung von *S. obtusifolia* kann man folgendes schließen: *Senna obtusifolia* wird als Indikatorpflanze für Überweidung charakterisiert und hat durch ihre Samenökologie sowie Anpassbarkeit an Boden-, Vegetations- und Klimaverhältnisse nicht zu unterschätzende pflanzensoziologische Vorteile. Diese können zu einer nicht unerheblichen Verunkrautung führen, die durch die geringe Schmackhaftigkeit und die daraus resultierende Weidevermeidung bedingt ist. Im vegetativen Stadium von Weidetieren gemieden, wird sie nur in der generativen Phase von ihnen aufgenommen und verbreitet. Ein Nachweis der Verdrängungswirkung von *S. obtusifolia* gegenüber der Weidevegetation erfolgte bisher nur in niederschlagsreichen Gebieten, wobei Maßnahmen, die eine geschlossene Krautschicht herbeiführen, als effizient für die Kontrolle von *S. obtusifolia* gelten (ANNING *et al.* 1989). Die geringe Verunkrautung der eingezäunten Weiden lässt den Schluss zu, dass eine dichte Weidenarbe die Anzahl von *S. obtusifolia* gering hält. Es sei abschließend darauf hingewiesen, dass in Nordzambia die größten Unterschiede zwischen hoch und spärlich bestandenen Flächen mit *S. obtusifolia* in der Bodenbedeckung der Krautschicht und in der Anzahl von *S. obtusifolia*-Pflanzen zu verzeichnen waren; nicht aber in der Biodiversität bzw. der Gesamtzahl aller krautigen Pflanzen. Mit der Kontrolle von *S. obtusifolia* und der damit verbundenen Reduktion des Unkrautbestands geht eine Rehabilitation der indigenen Gräser

und Kräuter einher, die durch Anwendung von weidetechnischen Maßnahmen, wie die Regulierung des Tierbestands, gefördert wird.

Ein Forschungsschwerpunkt (zusammenfassend für die Abschnitte 8.2/3) wird im Nachweis der Konkurrenzwirkung von *S. obtusifolia* bzw. der Krautschicht gesehen. Dabei sollten unter Feldbedingungen (Klima, Pedologie *etc.*) in der Sudansavanne Nordnigerias Versuche in natürlicher Vegetation und kultivierten Flächen durchgeführt werden. Diese liefern in der Folge weitere Ergebnisse hinsichtlich *S. obtusifolia*-Bestände, die in der Vegetation der Krautschicht toleriert werden. Außerdem sollte Beweidung bzw. der Ausschluss von Weidetieren Berücksichtigung finden.

#### 8.4 Kontrolle von *Senna obtusifolia*

*Senna obtusifolia* ist sowohl ein häufiges und schwer kontrollierbares Unkraut auf dem Ackerland (*cf.* BRIDGES 1992, WEBSTER & COBLE 1997) als auch auf der Weide (HOLM *et al.* 1997, MACKEY *et al.* 1997). Literaturhinweise über die Gefährdung durch *S. obtusifolia* als Weideunkraut liegen weltweit vor; Nigeria eingeschlossen (*cf.* JÜRGENS 1977, 1979, HOLM *et al.* 1997). Die Kontrolle von *S. obtusifolia* auf dem Weideland wurde überwiegend in Queensland, Australien dokumentiert (JAMES & FOSSETT 1982/83, ANNING *et al.* 1989, MACKEY *et al.* 1997, BEGGS *et al.* 2001, NRM 2001a-b, RANDALL 2001a, c-d, BSES 2002, LPR 2002, RICHARDSON 2002, RANDALL 2003).

##### 8.4.1 Versuchsanlage und statistische Auswertung

Bei der Versuchsdurchführung, vor allem der mechanischen Varianten, musste hinsichtlich der Parzellengröße eine arbeitstechnisch annehmbare Lösung gefunden werden. Für diese Kontrollmaßnahmen mit den entsprechenden Wiederholungen erwiesen sich Flächen von 3 m<sup>2</sup> unter den Bedingungen der Sudansavanne als wissenschaftlich vertretbar. Hinsichtlich des Aufwands an Bau- und Zaunmaterial (Holzpfähle, Draht *etc.*) waren diese Flächengrößen ökonomisch notwendig.

Die Parzellen des Hauptversuchs (1994) zur Untersuchung des Einflusses von *A. gayanus* und *P. pedicellatum* auf das Wachstum und die Entwicklung von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne Nordwestnigerias erwiesen sich mit 3 m<sup>2</sup> als zu klein. Auf diesen kleinräumigen Parzellen konnten sich die genannten Futtergräser nicht optimal ansiedeln und entwickeln. Durch

die relativ langsame Entwicklung von *A. gayanus* und den Austrag (durch Wind) der Samen der annuellen Art *P. pedicellatum* verschlechterten sich die Voraussetzungen für einen erfolgreichen Versuchsablauf. Dadurch konnte der Effekt der Konkurrenz auf *S. obtusifolia* nicht optimal zur Wirkung kommen.

Die Auswahl der phänologischen Entwicklungsstadien von *S. obtusifolia* (Beginn, Maximum und Ende der Regenzeit) erfolgte in Übereinstimmung mit der Literatur (ANNING *et al.* 1989) und erwies sich in Kombination mit der Versuchsanlage (Split-Plot) als geeignet (*cf.* KÖHLER *et al.* 1984: 212ff.).

Die statistische Auswertung der Daten erwies sich als schwierig, da die Stichproben häufig nicht normalverteilt und/oder inhomogen waren. Deshalb musste oftmals auf nichtparametrische Tests zurückgegriffen werden. Dennoch konnten wesentliche Erkenntnisse gesammelt werden.

#### 8.4.2 Direkte Kontrollmaßnahmen

##### 8.4.2.1 Mechanische Kontrolle

Jäten mit der Hand und Schneiden mit der Sichel sind ausgesprochen arbeitsintensiv. Diese Art von mechanischer Kontrolle kann großflächig in der Naturweide nicht eingesetzt werden. Die angewendeten manuellen Kontrollmethoden können jedoch als Simulation gelten. Sie wurden zur Beurteilung potentieller Einflüsse verschiedener Behandlungen während des Auflaufens und des Wachstums von *S. obtusifolia* angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Varianten nur unmittelbar nach der Behandlung einen statistisch nachweisbaren reduzierenden Effekt auf die *S. obtusifolia*-Population hatten. Ein nachhaltiger Effekt der Behandlung, d.h. eine Verringerung der *S. obtusifolia*-Dichte bzw. das Ausbleiben der *S. obtusifolia*-Keimung in der folgenden Regenzeit, konnte nicht beobachtet werden.

Die Tendenz der Ergebnisse des Vorversuchs in der offenen Savanne zeigt eine relative Konstanz im Verhalten der Populationsentwicklung und -schwankung. In der geschützten und in der kultivierten Savanne ist ein Ansteigen der *S. obtusifolia*-Dichte zu verzeichnen. Im Hauptversuch wurde lediglich in der offenen Savanne im November 1994 (Behandlungsjahr) ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen Behandlung und Kontrolle beobachtet. Dieser Unterschied stellte sich erst im Oktober 1996 nach zweijähriger Behandlungspause wieder ein, insbesondere für die zu Beginn der Regenzeit durchgeführten Varianten sowie für die Varianten mit monatlichen Wiederholungen. Dieser Unterschied berechtigt jedoch nicht zu



der Annahme, dass eine derartige Behandlung auch in jedem Fall zu einem ausgewiesenen Erfolg führt. Vielmehr müssen Witterungseinflüsse, Grad der Bodenbedeckung und pflanzenökologische Parameter wie Samenvorrat und -vitalität, berücksichtigt werden. Die geschützte und die kultivierte Savanne blieben in ihrer *S. obtusifolia*-Dichte signifikant unter der in der offenen Savanne, wobei die kultivierte Savanne als weitgehend frei von *S. obtusifolia* bezeichnet werden kann. Im Behandlungsjahr blieb in der geschützten und der kultivierten Savanne der Behandlungserfolg aus. Obwohl in beiden Weideökotypen wesentlich weniger *S. obtusifolia*-Pflanzen standen, kam es trotz gleicher Behandlung nicht zu einer vollständigen Eliminierung von *S. obtusifolia*. Die kultivierte Savanne weist eine spärliche *S. obtusifolia*-Dichte auf. Diese resultiert aus der relativ dichten Krautschicht, der Ansaat von *A. gayanus* als perennierendes Gras und der kontrollierten Beweidung. Da die Krautschicht lange in die Trockenzeit hinein erhalten bleibt und ein Ausschluss von Weidetieren über einen Zeitraum von 3 Jahren erfolgte, konnte sich hier keine dichte *S. obtusifolia*-Population etablieren. Die Samenproduktion und der Bodensamenvorrat blieben gering. Insbesondere die Abwesenheit von kleinen Wiederkäuern, die in der Trockenzeit *S. obtusifolia*-Samen konsumieren und verbreiten, begründet diese Annahme.

Dagegen ist in den Vorversuchsflächen ein über drei Jahre vergleichsweise starker Anstieg der *S. obtusifolia*-Dichte von 2,4 auf 28 Pflanzen je m<sup>2</sup> im Oktober – trotz Behandlung und Trockenheit (1995) zu verzeichnen. Auch in der vergleichenden Studie über hoch und spärlich verunkrautete Flächen liegt im Oktober 1996 in diesem Weideökotyp die *S. obtusifolia*-Dichte bei 25 Pflanzen je m<sup>2</sup>. Diese Tendenz kann in der kommerziellen Nutzung während der Trockenzeit 1995/96 begründet sein und ist ein Hinweis auf die begrenzte Belastbarkeit des Ökosystems.

Es kann gefolgert werden, dass der Auflauf von *S. obtusifolia* abhängig vom Bodensamenvorrat (Anzahl der Samen, Keimfähigkeit) und der Verfügbarkeit von Wasser (Niederschläge, Wasserhaltefähigkeit, Grundwasserspiegel) ist. Die Überlebensrate und letztlich die Samenreife hängt ab von der Ausgangspopulation, der phänologischen Entwicklung (nur relativ wenige Pflanzen erreichen das Stadium der Samenreife) und der Verfügbarkeit von Wasser (Niederschläge, Transpiration, Bodentextur *etc.*). Insbesondere intraspezifische Konkurrenz und Trockenphasen sind für das Absterben von *S. obtusifolia*-Pflanzen während der vegetativen Periode verantwortlich.

Als Determinanten des Wachstums und der Entwicklung von *S. obtusifolia* können die Niederschlagsmenge, aber insbesondere die -verteilung bezeichnet werden. Der Samenvorrat und die Samenproduktion können als weitere bestimmende Parameter hinzugezogen werden.

Zur Methodeneffizienz der mechanischen Kontrollverfahren kann folgendes gesagt werden: Der Einfluss des Anwendungszeitpunkts, zu unterschiedlichen phänologischen Entwicklungsstadien von *S. obtusifolia* im Hauptversuch, lässt sich nur in der offenen Savanne im Anwendungsjahr und nach zweijähriger Behandlungspause beobachten. Während im Jahr der Behandlung die Flächen mit frühzeitiger Anwendung (Juni) von Jätemaßnahmen den besten Erfolg zeigen, ist bei den Schnittvarianten die Behandlung zum Ende der Regenzeit (Oktober) am erfolgversprechendsten. Im Folgejahr kommt es durch die Trockenheit (480 mm) zu einer generellen Reduktion des gesamten *S. obtusifolia*-Bestands in allen Weideökotypen. Zwei Jahre nach der Behandlung zeigen nur in der offenen Savanne die zu Beginn der Regenzeit durchgeführten Varianten Erfolg und bestätigen damit die Erfahrungen aus den Versuchen in Australien (cf. ANNING *et al.* 1989, MACKEY *et al.* 1997).

Die mechanischen Varianten mit Wiederholung im Behandlungsjahr bewirkte eine vollständige Eliminierung des *S. obtusifolia*-Bestands in allen Weideökotypen. Ähnlich den einmalig durchgeführten Maßnahmen zeigte sich erst im zweiten Jahr wieder ein Unterschied zu den Behandlungen und zur Kontrolle (offene Savanne), so dass eine Wiederholung von Jäte- bzw. Schnittbehandlung zum einen während derselben Regenzeit, zum anderen in der nächsten, erfolgversprechender, wenn auch mit höherem Arbeitsaufwand verbunden ist.

Maßnahmen, die zu Beginn der Regenzeit durchgeführt werden, haben eine Verringerung des *S. obtusifolia*-Ausgangsbestands zur Folge. Erst durch Keimaktivität kann sich ein neuer Bestand formieren. Gräser und Kräuter können sich – bei geringem Weidedruck – entwickeln und haben somit einen Vorsprung im Vergleich zu *S. obtusifolia*. Bei der Anwendung von Bekämpfungsverfahren zum Ende der Regenzeit wird zwar der Unkrautbestand reduziert, jedoch kommt es während der Regenzeit zu einer Unterdrückung der Krautschicht durch *S. obtusifolia*, was durch den Vergleich der Wuchshöhen bestätigt wird. *Senna obtusifolia*-Pflanzen waren in hoch verunkrauteten Flächen deutlich höher als die Krautschicht. Aus Gründen des Arbeitsaufwands (verholzte Sprosssteile) und unter Berücksichtigung der Konkurrenzwirkung von *S. obtusifolia* sowie einer positiven Auslastung klimatischer Faktoren (kompensatorisches Wachstum der Krautschicht) und nicht zuletzt um die Samenproduktion zu verhindern, sollten Bekämpfungsmaßnahmen generell so früh wie möglich durchgeführt werden.

In Australien wird die Effizienz von mechanischen Verfahren zur alleinigen Kontrolle von *S. obtusifolia* auf Weideflächen als unzureichend bewertet (JAMES & FOSSETT 1982/83,

ANNING *et al.* 1989). Die Praxisrelevanz der manuell durchgeführten Kontrollmaßnahmen ist unter den gegebenen Bedingungen der Sudansavanne als gering einzuschätzen. Auf Flächen, wo Topographie und Technik (Rotationsmäherwerk) es zulassen, könnte einer mechanisierten Reduktion des *S. obtusifolia*-Bestands mit dem Ziel der Verhinderung der Samenproduktion (CURRAN & LINGENFELTER 2001), die Einsaat von Futterpflanzen (Abschnitt 8.4.4) bei gegebenen Niederschlagsverhältnissen in der nächsten Saison folgen.

Abschließend zu den mechanischen Methoden sei angemerkt, dass Verfahren der Bodenbearbeitung, wie Pflügen, Grubbern, Eggen *etc.* nicht für die Kontrolle von *S. obtusifolia* geeignet sind, da diese die Keimaktivität anregen (DAYAN *et al.* 1996) und einen hohen technischen und finanziellen (Treibstoff, Lohn: 350-380 ₦  $\approx$  14-15 US\$ ha<sup>-1</sup>)<sup>50</sup> Aufwand erfordern (SKEA 1996d). Außerdem beeinträchtigen diese Verfahren die Bodenfauna, welche bei der Samenkonsumtion und somit der natürlichen Kontrolle von *S. obtusifolia* eine Rolle spielt (BRUST & HOUSE 1988). Derartige Maßnahmen kämen nur bei Weideerneuerung in Frage (GLATZLE 1990).

#### 8.4.2.2 Chemische Kontrolle

Herbizide können Probleme verursachen (LIEBMAN 2001, WILCUT 2002). Dazu zählen Veränderungen des Pflanzenartenspektrums und Resistenzerscheinungen bei bestimmten Arten (HOFFMANN & GEIER 1987, COUSENS & MORTIMER 1995, GODDARD *et al.* 1996); u.a. auch bei *S. obtusifolia* (VENCILL 1994). Weiterhin kann das Einhalten von Karenzzeiten für das Weidevieh sich als notwendig erweisen – eine Maßnahme, die in den Naturweiden der Sudansavanne durch den Einsatz von Hirten und Flächenkennzeichnung denkbar wäre. Für 2,4-D-Mischungen geben BYRD & BROOME (2002) und BECKER (2003) ein Aussetzen von 7-37 Tagen für die nachfolgende Beweidung bzw. Heuwerbung an (Milch- und Schlachtvieh besonders empfindlich). Auch können eventuelle Rückstände auf und in den Pflanzen, Bodenrückstände (2,4-D Bodenpersistenz 2-8 Wochen, ANDERSON 1983: 192ff.) mit den dafür nachteiligen Auswirkungen auf das Bodenleben und das Grundwasser sowie Beeinträchtigungen der Insektenpopulation, zumindest zeitweise, nicht ausgeschlossen werden (ISENHOOR *et al.* 1985, OTTOW 1985, PESTEMER 1986, MACK *et al.* 1987, REDDY *et al.* 1994, GHANI *et al.* 1996). Schließlich sind Herbizide kostenintensiv und teilweise in Nigeria nicht verfügbar.

<sup>50</sup> Kalkulation wurde für 400 ha durchgeführt (SKEA 1996d).

Die angewandte 2,4-D Konzentration von umgerechnet 0,1-0,2 l 2,4-D ha<sup>-1</sup> (1 ml 2,4-D auf 1 l Wasser, lt. Anwendungsvorschrift und ca. 10-20 ml Herbizidmischung je m<sup>2</sup>) erwies sich im Versuch für das Dochtstreichverfahren als zu niedrig. Es wurde nicht das vollständige Absterben der *S. obtusifolia*-Pflanzen erreicht, sondern lediglich eine Deformation der Sprossachsen und Blätter. Das Ziel der Verhinderung der Blütenbildung und damit der Entstehung weiterer Samen, die eine Vermehrung der Bodensamenbank zur Folge hätte, konnte allerdings erreicht werden. Das Ausbringen mittels Dochtstreichverfahren wurde aus versuchs- und sicherheitstechnischen Aspekten sowie Gründen des Umweltschutzes vorgenommen (cf. JONES *et al.* 1995). Die Sprühmethode wird von australischen Autoren als das Bekämpfungsverfahren von *S. obtusifolia* auf Weideflächen mit dem besten Erfolg genannt (cf. ANNING *et al.* 1989, MACKEY *et al.* 1997, NRM 2001b). Das auf australischen Weiden übliche Sprühverfahren mit dem Flugzeug wäre in Nigeria bei gegebenen Voraussetzungen vorstellbar und ist hier beispielsweise in der Tsetsefliegen-Bekämpfung eingesetzt worden (KOEMAN & TAKKEN 1977/78). Der Einsatz einer Handspritze erfordert geschultes Fachpersonal und ist auf kleineren stark verunkrauteten Flächen (z.B. Raststelle) mit entsprechenden Schutzvorkehrungen anwendbar (cf. KACHELRIESS 1993a). Allerdings ist das letztgenannte Ausbringungsverfahren auf großen Savannenflächen nicht praxisorientiert. Hinzu kommt, dass der Einsatz dieser Maßnahmen abhängig von der Witterung ist. Für Sprühverfahren spielen Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Niederschlag eine wesentliche Rolle (NEWSOM & SHAW 1994a). Für das Dochtstreichverfahren ist lediglich der Faktor Niederschlag limitierend – was einen Vorteil dieser Ausbringungsmethode darstellt. Sämtliche Verfahren sind in hohem Maß abhängig von Phänologie und Tageszeit. Es sollte bei einer Anwendung von einer frühzeitigen Behandlung (Juni: deckt sich mit den Erfahrungen in Australien, MACKEY *et al.* 1997) ausgegangen werden. Diese muss in den Morgen- bzw. späten Nachmittagsstunden erfolgen, da um die Mittagszeit eine Schließung der Fiederblättchen von *S. obtusifolia* erfolgt (MACKEY *et al.* 1997). Schließlich steigt die Herbizidmenge, je weiter die phänologische Entwicklung voranschreitet. Das Mischungsverhältnis bei der Anwendung von Tordon 75-D® wird in der Keim- und frühen Wachstumsphase mit 1 : 300 und während der frühen Blühphase mit 1 : 150 angegeben (MACKEY *et al.* 1997).

Abschließend ein Blick auf die anfallenden Kosten für die chemische Bekämpfung von *S. obtusifolia*. Aus der verfügbaren Literatur ist lediglich ein Beispiel eines Rindfleisch-erzeugers in Nordostaustralien bekannt. Demzufolge wurden 12,20 AU\$ ha<sup>-1</sup> und Jahr für mechanische (Schnittvariante) und chemische Verfahren einschließlich Arbeitsaufwand,

Chemikalien, Sprühtechnik und Maschinennutzung ausgegeben (MACKEY *et al.* 1997). Der Preis je Liter 2,4-D beträgt 600 ₦ (SKEA pers. Mitteil. 1996), d.h. 24 US\$. Bei einer empfohlenen Ausbringungskonzentration von 3-4 l ha<sup>-1</sup> (JÜRGENS 1979) sind dies Materialkosten von 72-96 US\$ ha<sup>-1</sup>.

Schlussfolgernd kann über die Anwendbarkeit von chemischen Maßnahmen zur Kontrolle von *S. obtusifolia* auf Naturweiden der Sudansavanne Nordnigerias folgendes gesagt werden: Die Wirkung von 2,4-D auf die Anzahl (Behandlungsjahr) und den Wiederaufwuchs (Folgebjahr) von *S. obtusifolia* ist in eigenen Versuchen gering bzw. nicht nachweisbar. Das Ausbringungsverfahren per Hand mittels Dochtstreicher ist somit auf höhere Konzentrationen von 2,4-D angewiesen. Für eine Anwendung in der Sudansavanne erscheint es großflächig nicht praktikabel.

Aus der Sicht der Erfahrungen aus Australien ist eine chemische Kontrolle die einzig wirksame Methode zur Reduktion eines vorhandenen *S. obtusifolia*-Bestands. Es sollte jedoch umweltschonenderen Verfahren der Vorzug gegeben werden. Das können z.B. kulturtechnische Maßnahmen, wie die Einsaat von Futterpflanzen (Abschnitt 8.4.4, cf. Tab. A8.1-2), sein. In jedem Fall sollten einer chemischen Behandlung derartige Maßnahmen folgen, um die Bodendecke wieder zu schließen.

#### 8.4.3      Übrige direkte Kontrollmaßnahmen

Da außer dem Keimversuch mit Samen von *S. obtusifolia*, die von Larven des Samenkäfers *Caryedon pallidus* z.T. beschädigt und angefressen waren, keine eigenen Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung von *S. obtusifolia* vorliegen und die Erkenntnisse in der Literatur sich noch in der Forschungsphase befinden (MACKEY *et al.* 1997), wird hier das Potential der biologischen Bekämpfungsverfahren und der Bedarf an weiterführenden Studien deutlich. Die Konzentration der Industrie auf Myko-Herbizide unter Verwendung von *Alternaria cassiae* wird als ein Hinderungsgrund für die Erforschung anderer biologischer Bekämpfungsmöglichkeiten von *S. obtusifolia* genannt (MACKEY *et al.* 1997).

Für die konsequente Forschung biologischer Verfahren zur Bekämpfung von *S. obtusifolia* kann folgende Empfehlung gegeben werden: Die Entwicklung von *Caryedon pallidus* und die Schädigung der *S. obtusifolia*-Samen (Schadanteil, Keimerfolg) während der Trockenzeit (vermutlich gradueller Anstieg) sollten beobachtet werden. Parallel dazu sollten die Samen-

produktion und der Bodensamenvorrat von *S. obtusifolia* kontinuierlich geprüft werden. Dies würde die Voraussetzungen für die erfolgreiche Anwendung biologischer Bekämpfungsverfahren mit diesem Samenkäfer schaffen.

Die Anwendung von pyrotechnischen Maßnahmen zur Kontrolle von *S. obtusifolia*, wie Feuer, wurde in der vorliegenden Arbeit aus Sicherheitsgründen nicht geprüft. Die Versuchspartzellen befanden sich entweder zu nah am Dorf oder das Feuer hätte eventuell auf die kultivierten Flächen des „SEP“-Programms übergreifen können. In der Literatur wird das Abbrennen wegen der stimulierenden Wirkung auf *S. obtusifolia*-Samen (ANNING *et al.* 1989) bzw. der Feuertoleranz größerer *S. obtusifolia*-Pflanzen (*cf.* AKOBUNDU 1987) nicht empfohlen. Zeitlich begrenzt wurde es lediglich in einem Fall auf australischem Grasland angewendet (MACKEY *et al.* 1997). Da Feuer im Zamfara-Weidegebiet eher eine untergeordnete Rolle spielt, kann es als Maßnahme zur *S. obtusifolia*-Bekämpfung vernachlässigt werden.

Die bislang diskutierten und evaluierten Verfahren zur Kontrolle von *S. obtusifolia* auf Weiden in der Sudansavanne werden unter dem Begriff direkte Maßnahmen zusammengefasst. Zur Bewertung der Einsaat von Futtergräsern (z.B. *A. gayanus*) und deren Einfluss auf die Entwicklung von *S. obtusifolia* im Rahmen der kulturtechnischen Verfahren zur Unkrautbekämpfung (kultivierte Savanne) und der regulierten Beweidung (geschützte Savanne), wird in Abschnitt 8.4.4 Stellung bezogen.

#### 8.4.4 Konzeptionelle Verbesserung der Weidefuttersituation

Im Folgenden soll auf die praktische Bedeutung und Relevanz indirekter Bekämpfungsmaßnahmen zur Kontrolle von *S. obtusifolia* – kulturtechnische Verfahren und Weideführung – eingegangen werden.

Die zu diskutierende These lautet: a) temporärer Ausschluss von Weidetieren (geschützte Savanne) und b) Einsaat und Ansiedlung von Futterpflanzen (kultivierte Savanne) schaffen die Grundlagen für die Futterbereitstellung, Bodenbedeckung sowie Unkrautregulierung und sind nur durch eine kontrollierte Beweidung zu erreichen.

Ausgangspunkt der Diskussion soll das ungleichmäßige Verhalten pastoraler Ökosysteme (*cf.* JOHNSON & MAYEUX 1992) in Trockengebieten Afrikas sein, welches als „non-equilibrium ecology“ bezeichnet wird (WALKER & NOY-MEIR 1982, WESTOBY *et al.* 1989, FRIEDEL 1991,

LAYCOCK 1991, BEHNKE & SCOONES 1993, OBA *et al.* 2003). Das Hinzuziehen semi-arider Weidegebiete (600-750 mm Jahresniederschlag; STEENEKAMP & BOSCH 1995, PIDWIRNY 2004) wird, besonders in Jahren mit unter dem Mittelwert liegenden Regenfällen als opportun angesehen (ELLIS & SWIFT 1988, MILLER 1997, SCOONES 1999, SQUIRES 2001b, SULLIVAN & RHODE 2002). Diese Vegetationszone wird auch mit dem Begriff: Ereignis-getriebenes Öko- bzw. Weidesystem charakterisiert (ELLIS *et al.* 1993). Es bestehen Interaktionen zwischen Herbivoren und Pflanzendecke durch Beweidung. Der Einfluss von Weidetieren auf die Vegetation (Defoliation, Artenspektrum *etc.*) und den Oberboden (Bodenverdichtung durch Tritt) ist in der Literatur dokumentiert (CUMMING 1982, WALKER 1985, RUESS 1987, WALKER & MENAUT 1988, TSCHARNTKE 1991, BELSKY 1992, PRINS & JEUGD 1993, SKARPE 1995, BILBAO *et al.* 1996, LEWINSOHN & PRICE 1996, KEYA 1998, HIERNAUX *et al.* 1999, LANDSBERG *et al.* 1999, SCHULTE 2002).

SCOONES (1999) fasst in seinem Plädoyer für das „non-equilibrium“-Modell zusammen, dass (1) das Verständnis von räumlicher und zeitlicher Dynamik, welches in detaillierten und stellvertretenden Analysen von „Menschen in ihrer Umgebung“ entwickelt wurde, unter Einbeziehung der geschichtlichen Hintergründe, zu einer Erklärung von Umweltveränderungen über Raum und Zeit führt; (2) das wachsende Verständnis der Umwelt sowohl als Produkt von, wie auch als Basis menschlicher Interaktionen, das dynamische Strukturanalysen von Umweltprozessen mit einer Anerkennung der menschlichen Einflussgewalt auf Umwelttransformationen als Teil eines „Strukturierungs“-versuchs verbindet und (3) die Annahme von Komplexität und Unsicherheit in sozio-ökologischen Systemen, und damit die Erkenntnis, dass Vorhersage, Management und Kontrolle unwahrscheinlich, wenn nicht unmöglich sind.

Ein viel, z.T. kontrovers, diskutierter Aspekt der Weidebewirtschaftung in Trockengebieten ist die Besatzleistung bzw. die Tragfähigkeit. Die Besatzleistung („stocking rate“) wird definiert als Viehweidetage je Fläche und Jahr und die Tragfähigkeit bzw. Belastbarkeit („carrying capacity“) als maximale Anzahl Tiereinheiten, die ohne Ressourcenschädigung auf einer Weidefläche ernährt werden können. Letztere hängt vom Produktionspotential des Standorts und der Intensität der Bewirtschaftung ab und kann von Jahr zu Jahr schwanken (SAMPSON 1923: 328, HEADY & HEADY 1982: 113, GLATZLE 1990: 70, HUMPHREYS 1991: 107ff.). Im Extremfall wird gefolgert, dass diese als Hilfsmittel für das Management von Weiden in Afrika südlich der Sahara ungeeignet sind (BARTELS *et al.* 1990, 1993). Verfügbarkeit der Niederschläge und Versorgung der Tiere mit Tränkwasser gelten in Trockengebieten als Determi-

nanten der Weideproduktivität (BEHNKE *et al.* 1993, BEHNKE & ABEL 1996, SCOONES 1996, KAHSAYE 2002).

Es wird eingeschätzt, dass die Prozesse der Degradierung häufig weniger tierbedingt (WARD & NGAIRORUE 2000), als vielmehr klimaverursacht sind (ELLIS & SWIFT 1988, BEHNKE & SCOONES 1993, VETTER 2003). Auf Weiden in semi-ariden Bedingungen, d.h. jährlichen Niederschlägen von > 300 mm (Klimavariabilität < 30%), kann der Tierbesatz (lt. GLATZLE 1990: 70; Anzahl Nutztiere je Fläche und Zeit) tatsächlich der Auslöser für Vegetationsveränderungen sein und letztlich Degradationsprozesse zur Folge haben (TAPSON 1993, BAYER & WATERS-BAYER 1996). Das Zamfara-Weidegebiet liegt nördlich des 11° 30'-Breitengrads (n. Br.), wo – nach KOWAL & DAVIES (1974) – mit Trockenstress und Wasserknappheit zu rechnen ist.

STODDART (1960) nennt 14 Faktoren, die bei der Schätzung der Besatzleistung eine Rolle spielen:

#### Futterproduktion

- Klima
- Böden
- Phytomasseproduktion (Quantität)
- Vegetation (Qualität)

#### Landfaktoren

- Topographie
- Wasser

#### Bewirtschaftungsfaktoren

- Nutztierarten
- Nutzungsziel
- übrige Tiere (z.B. Nagetiere)
- Supplementierung
- Saison
- Herdenverteilung
- Weidesysteme

#### Administration

- Bedeutung von Weide gegenüber anderer Nutzung

STODDART (1960) schließt, dass es keine konstante Besatzleistung für eine bestimmte Fläche gibt, da u.a. nicht von einer gleichmäßigen Phytomasseproduktion ausgegangen werden kann und stellt fest, dass nur Schätzungen möglich sind. Es sollten Trends und Fluktuationen registriert werden. Bei unerwünschter Entwicklung, wie Degradation, müssen entweder die Tierzahl reduziert oder das Bewirtschaftungssystem verbessert werden.

In diesem Zusammenhang ist es essentiell, die Kondition der Weiden anhand von Faktoren wie Bodenqualität, Niederschläge, Vegetation, Beweidung und Produktivitätskriterien sowie deren Vernetzungen und Auswirkungen zu bewerten (DYKSTERHUIS 1949, WILSON & TUPPER 19982, BOSCH & KELLNER 1991, FULS 1992, TONGWAY & HINDLEY 1995). Neueren Ansätzen zufolge ist die Einschätzung von Trends innerhalb der Vegetation, wie sie das Schwellen-



oder „multiple-stable-states“-Modell (im Gegensatz zum Klimax-Modell) erfasst, für das Verständnis weideökologischer Abläufe und Beziehungen der Sukzession entscheidend (WESTOBY *et al.* 1989, FRIEDEL 1991, LAYCOCK 1991, BEHNKE *et al.* 1993, *cf.* LLORENS 1995). Die Weide-Index-Methode, die auf der Einführung von Weide-Index-Werten (agronomische Parameter der Pflanzenarten z.B. Produktivität, Futterwert, Lebenszyklus) basiert, wird in Trockengebieten im südlichen Afrika angewendet (TOIT 1995). Die Flächentransekte (Dominanzverfahren nach Braun-Blanquet unter Berücksichtigung edaphischer Faktoren, Bodenbedeckungsgrad), die u.a. der naturräumlichen Variabilität Rechnung trägt, wird als zweckmäßige Methode zur Beurteilung semi-arider Weiden herangezogen (CHRISTIAN *et al.* 1996). Immer mehr rücken dabei Optionen wie Satelliten-gestützte Kartierungssysteme in den Vordergrund (D'HERBÈS & VALENTIN 1997, HOF *et al.* 2003b), wobei für *S. obtusifolia* auf Ackerflächen bereits konkrete Ansätze vorliegen (LAMASTUS *et al.* 1999, MEDLIN *et al.* 2000). Das Konzept der Besatzleistung für Planungszwecke und Berechnungen prinzipiell zu nutzen wird vorgeschlagen, jedoch die Grenzwertigkeit solcher Schätzungen eingeräumt (LEEuw & TOTHILL 1993).

Gegenargumente der „non-equilibrium“-Theorie sehen pastorale Systeme z.T. nicht als Risiko-vermeidend, sondern Profit-maximierend an, und vertreten die Theorie über die Wirksamkeit der Tragfähigkeit als probates Mittel zur Weidebewirtschaftung (im konservativen Sinn) und Verminderung der degradierenden Wirkung der Beweidung durch einen überstockten Haustierbestand (HARDIN 1968<sup>51</sup>, LAMPREY 1983, WILSON & MACLEOD 1991, O'CONNOR 1995, ROE 1997, ROE *et al.* 1998, ILLIUS & O'CONNOR 1999, 2003).

Für semi-aride Öko-Klimate mit 750 mm Jahresniederschlag gibt LAMPREY (1983: 654) die Weideprimärproduktion mit 1850-3000 kg TS ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> (davon 750-1500 kg verzehrbare TS) an. Die konsequente Tragfähigkeit liegt zwischen 0,05 und 0,1 TLU ha<sup>-1</sup>. BLAIR-RAINS (1986) geht von 0,1 TLU ha<sup>-1</sup> unter semi-ariden Bedingungen aus. Laut PÄTZOLD (1978: 177) liegt der Ertrag an oberirdischer Phytomasse in der Trockensavanne im Mittel um 1500-2000 kg TS ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup>. Obwohl die Erträge niedriger als im o.g. Fall sind, wird die Tragfähigkeit hier mit 0,25-0,5 TLU ha<sup>-1</sup> angegeben. Dabei wird nach Auffassung des Autors ein beträchtlicher Teil (30-50%) der produzierten Phytomasse nicht vom Vieh verwertet (u.a. wegen verschmähten Pflanzen, Tritt), was sich in etwa mit den Angaben von LAMPREY (1983) deckt. SCHÄFER (1998: 99) schätzt die Primärproduktion der unbeweideten Naturweide (Weidekäfig,

<sup>51</sup> *cf.* Kommentar von GILLES & JAMTGAARD (1981)

n = 12) in Nordzamfara auf 3200-5600 und der beweideten Naturweide (n = 11) auf 1800-5900 kg TS ha<sup>-1</sup> (500 mm). Es wurde eine tatsächliche Tierdichte von  $\bar{x} = 0,64$  TLU ha<sup>-1</sup> für diese Region ermittelt. Die Autorin folgert, dass nicht nachgewiesen werden konnte, ob Beweidung oder der Ausschluss von Weidetieren (Zaun) einen Einfluss auf die Biomasseproduktion hat. An diesen Beispielen wird deutlich, dass erhebliche Differenzen sowohl in den Weideerträgen als auch in den Angaben zur theoretisch möglichen und praktisch existierenden Tragfähigkeit bestehen. Wie jedoch anhand eigener Studien in Nordzamfara nachgewiesen wurde, führte dieser Beweidungsdruck zu einer starken Verunkrautung mit *S. obtusifolia* in der offenen Savanne gegenüber den eingezäunten Weiden. Ausgehend von der konkreten Situation vor Ort (Niederschlag, verwertbare Primärproduktion, Weidekondition, Organisationsziel) muss bei Anwendung des Konzepts der Tragfähigkeit, diese stets neu bestimmt und entsprechend angepasst werden.

Einerseits wird vor Überstockung, Überweidung und den Folgen wie Degradierung und Desertifikation gewarnt (ORMEROD 1978, CROSS 1982, LAMPREY 1983, YUDELMAN 1991, VOß 1997, LARSEN 2003), verbunden mit der Frage nach alternativen Produktionsformen (cf. IRO 1994, KAHSAÏE 2002). Andererseits wird auf eine Intensivierung der Tierproduktion in Trockengebieten gedrungen (DREGNE 1992, BOURN & WINT 1994, MORTIMORE 2000). Angesichts expandierender Ackerflächen auf Kosten von semi-ariden Naturweiden wird die Frage nach anderen Möglichkeiten der Vieh- und Weidewirtschaft gestellt, wie beispielsweise Koppelhaltung oder „ranching“, die heute z.B. im östlichen und südlichen Afrika praktiziert werden. Veränderungen im Leben der Tierhalter – hier der Fulbe im Zamfara-Weidegebiet – sind damit unumgänglich (cf. LUSIGI & GLASER 1984).

Es wurde z.B. vorgeschlagen, das herkömmliche System „private Rinder auf gemeinsamen Weideflächen“ durch Regulierung der Landnutzung und -verteilung bzw. -zuweisung an Einzelpersonen oder Gruppen zu ersetzen. Die Einführung von Rinderquoten mit den damit verbundenen Weiderechten könnte als Alternative zur Anwendung gebracht werden (RUTHENBERG 1980, OMOLEHIN pers. Mitteil. 2005). Diesen Vorschlägen stehen die Fulbe in Zamfara skeptisch gegenüber (SKEA 1996d, ECKERT & HOFFMANN 1998).

Heute geht man von einer Befürwortung des Pastoralnomadismus „als eine ökologisch vernünftige Strategie“ in den Trockengebieten Westafrikas aus, „weil es die Degradation auf jedem einzelnen Landstück limitiert“ (MCCABE & ELLIS 1987, zit. in SQUIRES *et al.* 1992). Dabei steht die Mobilität der Herden im Vordergrund (STURM 1993, TURNER 1993, 1999). Als wichtigste Anpassungsstrategie an das schwankende Futterangebot nennt SCHÄFER (1998)

in Zamfara, neben Stoppelweide und Beifütterung, die gezielte Ein- und Abwanderung. Neue Erkenntnisse zu sozio-ökonomischen Mechanismen der Weidenutzung sowie die aus gescheiterten Projekten gewonnenen Überlegungen ziehen in Betracht, dass eine pastoral-nomadische Weidenutzung bereits seit mehreren tausend Jahren in Trockengebieten Afrikas erfolgreich betrieben wurde (COUGHENHOUR *et al.* 1985, DODD 1994, LESLIE *et al.* 1999).

Auf Grund der allgemein angenommenen Zusammenhänge von Eindämmung einiger Tierkrankheiten, Herdenwachstum, Schaffung von Tränkplätzen, Sesshaftwerdung und somit Landknappheit, da Ackerflächen gleichfalls ausgedehnt werden, ist hier eine Synthese aus ethnischen Traditionen, ökologischen Bedingungen sowie volks- und betriebswirtschaftlichen Notwendigkeiten herzustellen, die möglichst auf einer fundiert politischen und konsequent gesetzlichen Grundlage ruhen sollte (WHYTE 1977, FRATKIN 1998, HOFFMANN 1998, BLENCH & MARRIAGE 1998, 1999). In diesem Zusammenhang kommt der Entwicklung und Umsetzung der sog. politischen Ökologie eine besondere Rolle zu (TURNER 1993, FRATKIN 1998, SCOONES 1999).

Erfahrungen und statistisch gesicherte Ergebnisse aus den durch Zäune abgetrennten Savannenparzellen im nördlichen Zamfara-Weidegebiet in der geschützten Savanne zeigen, dass eine dichte Pflanzendecke ein geringeres Risiko zur Verunkrautung mit *S. obtusifolia* hinsichtlich der Samenbank und der Populationsdichte je Flächeneinheit zur Folge hat, als dies in der offenen Savanne der Fall ist. Der zeitweise Ausschluss von Tieren – als indirekte Maßnahme der Unkrautbekämpfung durch Weidenutzung bzw. -führung – und demzufolge eine dichtere Krautschicht, haben einen positiven Einfluss auf die Verhinderung der *S. obtusifolia*-Besiedlung. Die Nutzung der geschützten Savanne mit den Rindern der Farm von Faru konnte u.a. deshalb keine Erhöhung des *S. obtusifolia*-Befalls zur Folge haben, da die Tiere nur dort weideten und ein Neueintrag von *S. obtusifolia*-Samen somit ausgeschlossen wurde.

Die Kosten für den Zaun und dessen Errichtung betragen 990 ₦  $\approx$  40 US\$ ha<sup>-1</sup> bei 65000 ₦  $\approx$  2600 US\$ lfd. km<sup>-1</sup> und 692 ha Gesamtfläche (SKEA 1996d)<sup>52</sup>. Zahlen über Lohnaufwand für das Personal liegen nicht vor. So können die vorläufigen Kosten mit 990 ₦ ha<sup>-1</sup> benannt werden. Die geschätzte Milchleistung liegt um die 250 kg Kuh<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> (SCHÄFER 1998), d.h. die Flächenproduktivität der geschützten Savanne beträgt 40 kg ha<sup>-1</sup>, vorausgesetzt alle Kühe werden gemolken. Die Milchproduktion wird für das Zamfara-Weidegebiet mit 47 kg ha<sup>-1</sup> genannt (SCHÄFER 1998). Das Einkommen aus der Milchproduktion kann nicht beziffert werden, da Preise und Angaben über Verkauf bzw. Eigenkonsum sowie Verarbei-

tung (saure Magermilch, Butter) fehlen. Ähnliches gilt für Jungrinder (Fleischpreis *etc.*). Eine vollständige Kosten-Nutzen-Bilanz ist daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.

Die Nutzung der geschützten Savanne kann als kontrollierte Beweidung einer Standweide mit einem Tierbesatz von  $0,33 \text{ TLU ha}^{-1}$  unter der administrativen Aufsicht der Staatsfarm Faru bezeichnet werden. Maßnahmen wie Pflege (Schnitt) und Düngung fielen im Beobachtungszeitraum nicht an. Die ethno-soziale Akzeptanz von Zäunen und eingezäunten Flächen sowie die Reglementierung der Tierzahl oder gar durch -steuer kann unter den Fulbe als ausgesprochen gering eingeschätzt werden. Die Zäune mussten kontinuierlich auf ihre Intaktheit geprüft werden, was einen nicht unerheblichen Arbeitsaufwand darstellt. Illegitime Nutzung durchziehender Herden stellt besonders in der Trockenzeit ein Problem dar. Die Durchsetzbarkeit derartiger Maßnahmen ist stark von administrativen und finanziellen Rahmenbedingungen abhängig (*cf.* Abschnitt 8.4.5).

Es kann gefolgert werden: Die semi-ariden Gebiete der Sudansavanne Nordnigerias sind allenfalls in trockenen Jahren der „non-equilibrium“-Theorie unterworfen. Es ist daher erforderlich in Bezug auf Weide- und Herdenmanagement die Faktoren Besatzstärke bzw. Tragfähigkeit zu akzeptieren. Einer „natürlichen“ Regulierung des Tierbestands durch drastisch schwankende Umwelteinflüsse (Trockenheit, Erosion) muss eine diesen Schwankungen angepasste Tierproduktion mit entsprechender Futterversorgung entgegengestellt werden. Die Zielstellung der Verbesserung der Weidefuttersituation durch Kontrolle von *S. obtusifolia* in der Sudansavanne Nordnigerias kann nur unter Einbeziehung von indirekten Verfahren der Unkrautbekämpfung erreicht werden. Weidetechnische Maßnahmen, wie z.B. Kontrolle des Tierbesatzes oder Ausschluss von Weidetieren aus bestimmten Flächen haben eine dichtere Vegetation der Krautschicht (*cf.* HARRISON & SHACKLETON 1999) und eine geringere Verunkrautung mit *S. obtusifolia* zur Folge. Ein großes Potential bei der generativen Regeneration der krautigen Vegetation wird dabei den umfangreichen Vorräten in der Bodensamenbank zugeschrieben (RICE 1989, CALL & ROUNDY 1991, HIERNAUX 1996). Voraussetzung für eine derartige Regeneration ist also eine kontrollierte Beweidung der vorhandenen Naturweideressourcen, wie im Fall der geschützten Savanne, wo eine mäßige Verunkrautung mit *S. obtusifolia* bei einem Tierbesatz von  $0,33 \text{ TLU ha}^{-1}$  nach zwei Jahren (1992/93:  $\bar{x} = 560 \text{ mm}$ ) erreicht wurde.

---

<sup>52</sup> Kalkulation wurde für 400 ha durchgeführt (SKEA 1996d).

Die nachstehend diskutierte Bereitstellung von Futterpflanzen entspricht den kulturtechnischen Verfahren zur Kontrolle von *S. obtusifolia*. Da diese arbeits- und kostenintensiv sind (Pflanzen- und Zaunmaterial, Technik, Personal), muss bezüglich der Nachhaltigkeit dieser Methoden auf die Einhaltung eines proportionalen Tierbesatzes gedrungen werden.

Der wichtigste Ansatzpunkt zur Stabilisierung und Verbesserung der Futterversorgung ist folglich die Ansiedlung einer der Trockenzone angepassten Weidevegetation (kultivierte Savanne), entweder durch Nutzbarmachung eines vorhandenen autochthonen Gräser- (u.a. *Andropogon*, *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Digitaria*, *Pennisetum* und *Setaria* spp.) und Kräuter- bzw. Leguminosenbestands (u.a. *Alysicarpus* spp., z.B. *A. vaginalis* (L.) DC, *Indigofera*, *Tephrosia* und *Zornia* spp.) oder Ansaat solcher Arten (cf. BOGDAN 1977, PÄTZOLD 1978, HORNETZ 1990, OKEAGU 1990, SKERMAN & RIVEROS 1990, WILLIAMS *et al.* 1993, 1995, IJI *et al.* 1997, ABRAHAM *et al.* 1998, KUSSEROW *et al.* 1999). Dabei ist die Einbringung trockenresistenter Futterpflanzen in dieser semi-ariden Region von Vorteil (Tab. A8.1-2). Ein Versuch, Leguminosen für die Futternutzung z.B. *Lablab purpureus* und *Vigna* spp. im nördlichen Teil des Zamfara-Weidegebiets auszubringen, hatte keinen Erfolg. Die geringen Niederschläge zum Saatzeitpunkt waren möglicherweise eine Ursache für das Fehlschlagen dieses Versuchs. Eine Wiederholung dieses Versuchs wird empfohlen. Dagegen war die Ansaat von Futtergräsern wie *A. gayanus* allein und/oder in Kombination mit *P. pedicellatum* erfolgreich (SKEA pers. Mitteil. 1994/95). Bei einem Experiment mit *D. aegyptium* und *S. obtusifolia* wurden positive Ergebnisse hinsichtlich der Konkurrenzfähigkeit dieses Grases gegenüber dem Weideunkraut erzielt. Es wurde vorgeschlagen, *D. aegyptium* zur kulturtechnischen Kontrolle von *S. obtusifolia* zu verwenden (KOUKOURA *et al.* 1998). Des Weiteren ist ein den natürlichen Gegebenheiten angepasster (saisonbedingter) Nutztierbesatz (THUROW & HUSSEIN 1989) wesentliche Voraussetzung für die Etablierung und Stabilität des Pflanzenbestands, der ohnehin in Quantität und Qualität stark schwankt (cf. LEGEL 1989, 1990a). SCHÄFER (1998: 99ff.) gibt die oberirdische Phytomasseproduktion auf beweideten Naturweiden in Nordzamfara zum Maximum der Wachstumszeit (September) mit 4000 kg TS ha<sup>-1</sup> (990-6900 kg) und zum Maximum der Trockenzeit (März) mit 580 kg TS ha<sup>-1</sup> (maximal 1900 kg) an. Die Gehalte an umsetzbarer Energie und Rohprotein fallen von 10,7 MJ ME kg<sup>-1</sup> TS bzw. 22,3% (Juli) auf 8,0 bzw. 6,7 (April) ab.

Eine Aussage über die Konkurrenzwirkung von *A. gayanus* und *P. pedicellatum* auf *S. obtusifolia* in den kultivierten Parzellen des Hauptversuchs (offene und geschützte Savanne) wird durch die geringe Flächengröße der Behandlungsflächen limitiert. Der Einfluss der

kultivierten Gräser konnte auf den kleinen Flächen nicht nachgewiesen werden. Tendenziell lassen sich aber die Beobachtungen in der kultivierten Savanne diesbezüglich als Trend oder Modell nutzen, um den Einfluss dieser wichtigen Futtergräser auf den *S. obtusifolia*-Bestand darzustellen. Die Wirkung einer dichten Vegetationsdecke bezüglich ihrer Konkurrenz auf *S. obtusifolia* wurde bereits für die geschützte Savanne diskutiert und festgestellt. Unkrautrisiko, Samenproduktion und -bank von *S. obtusifolia* sind in der kultivierten Savanne signifikant am geringsten. Eine mögliche Begründung für die partiell bzw. temporär steigenden Populationszahlen in der kultivierten Savanne ist die Nutzung dieser Fläche in der futterknappen Periode mit Tieren, die sich während der Trockenzeit von *S. obtusifolia*-Hülsen und -Samen ernährten und diese einschleppten. Prophylaxe durch Quarantäne (7 Tage) kann dem entgegenwirken (MACKEY *et al.* 1997, NRM 2001b). Bei ausreichendem Niederschlag und angepasster Beweidung schließt sich in der folgenden Regenzeit die Krautschicht und verdrängt, wie auch in der geschützten Savanne, *S. obtusifolia* aus dem Bestand. Dies bestätigen die Erfahrungen des „SEP“-Programms (SKEA 1996d) und Empfehlungen für Nordostaustralien (ANNING *et al.* 1989, MACKEY *et al.* 1997).

Der Aufwand<sup>53</sup> für den Zaun und dessen Errichtung beträgt 1773 ₦  $\approx$  71 US\$ ha<sup>-1</sup> bei 215 ha. Für die Saatbettbereitung<sup>53</sup> (Konturpflügen, Eggen) wurden 560 ₦  $\approx$  22 US\$ ha<sup>-1</sup> ausgegeben. Die Kosten<sup>53</sup> für jeweils 150 kg Saatgut belaufen sich bei *A. gyanus* auf 375 ₦  $\approx$  15 US\$ ha<sup>-1</sup> bzw. bei *P. pedicellatum* auf 225 ₦  $\approx$  9 US\$ ha<sup>-1</sup> sowie für die Ausbringung (Lohn) 37 ₦  $\approx$  1,50 US\$ ha<sup>-1</sup>. Während *A. gyanus* in Zamfara als ein sich „langsam etablierendes“ Gras eingeschätzt wird, lässt sich *P. pedicellatum* „rasch kultivieren“ (SKEA 1996d). Die bis dahin angegebenen Kosten ergeben 2970 ₦  $\approx$  119 US\$ Gesamtkosten ha<sup>-1</sup>. Bei angenommen gleicher Flächengröße stehen also 71 US\$ Zaunkosten (geschützte Savanne) 119 US\$ ha<sup>-1</sup> Zaun- und Kultivierungskosten (kultivierte Savanne) gegenüber. Ein mögliches Einkommen auf dieser Fläche ist durch kommerzielle Weidenutzung mit 3 ₦ Rind<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> zu erzielen. Ausgehend von einer mittleren Biomasseproduktion von 5000 kg TS ha<sup>-1</sup> und einer verfügbaren Futterproduktion (30% Verlust) von 3500 kg TS (SCHÄFER 1998) und einem täglichen Futterverzehr von 6,25 kg TS TLU<sup>-1</sup> (PÄTZOLD 1978, GLATZLE 1990) können z.B. in der futterknappen Trockenzeit (Februar bis Mai) 4,7 TLU ha<sup>-1</sup> ernährt werden. Bei einer Verkürzung der Nutzungsdauer auf 30 Tage erhöht sich die Tierzahl auf 18 TLU ha<sup>-1</sup>. Einkommen von 14 bzw. 54 ₦ ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 1083600 bzw. 348300 ₦ pro Nutzungsperiode (43344 bzw. 13932 US\$) sind laut diesen Annahmen möglich. Eine längerfristige Beweidung

<sup>53</sup> Kalkulation wurde für 400 ha durchgeführt (SKEA 1996d).

mit weniger Tieren ist daher wesentlich rentabler (+ 29412 US\$), schonender (Trittverlust) sowie tierphysiologisch angepasster. Nimmt man eine ganzjährige Nutzung der kultivierten Savanne unter den genannten Parametern an, so können 0,46 in der Trocken- ( $\bar{x} = 700$  kg verzehrbare TS ha<sup>-1</sup>, 245 d) bzw. 4,7 TLU ha<sup>-1</sup> in der Regenzeit (120 d) ernährt werden, mit einem geschätzten Jahreseinkommen von 17458 US\$ (abzüglich Tierarzt, Pflege, Düngung).

Die aktuelle Nutzung der kultivierten Savanne als Trockenzeitweide lässt auf hohe Tierzahlen und eine kurze Verweildauer schließen, da die Hirten nur für einen möglichst geringen Zeitraum die Fläche pachten wollen und die Savanne während der Regenzeit eine vergleichbare Nettoprimärproduktion aufweist. Es ist von einem vollständigen Abtrag der krautigen Vegetation und einer anschließenden Regenerationsphase auszugehen. Was über Pflege, Akzeptanz (Zäune u.ä.) und Durchsetzbarkeit derartiger Maßnahmen in der geschützten Savanne gesagt wurde, trifft auch in der kultivierten Savanne zu (*cf.* Abschnitt 8.4.5).

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass es sich bei sämtlichen Kosten um Angaben in Naira [₦] handelt, die den Jahren 1995/96 zugrunde liegen. Der offizielle Umtauschkurs betrug zu diesem Zeitpunkt 25 ₦ = 1 US\$. Mit diesem Wechselkurs wurden alle Kostenbeträge umgerechnet.

Die Konsequenz ist, ähnlich wie in der geschützten Savanne, eine dem Aufwuchs zeitlich und flächenmäßig angepasste Beweidung. Da dieser im Jahresverlauf qualitativ und quantitativ schwankt (LEGEL 1990a), müssen sich Tierzahl und Weideverfahren diesen Änderungen anpassen. Die im Zamfara-Weidegebiet vorherrschenden Fütterungsstrategien in der Regen- und Trockenzeit, unter Nutzung von Naturweide bzw. Ackerflächen und Gehölzen (SCHÄFER 1998) mit Migration der Herden, entsprechen dem jahreszeitlichen Futterangebot. Die gezählte Tierdichte (Rinder, Schafe, Ziegen) auf Naturweiden liegt im Norden bei 1,14; 0,52 und 0,25 TLU ha<sup>-1</sup> für die Regen-, frühe bzw. späte Trockenzeit (SCHÄFER 1998). Selbst beim Ansatz einer niedrigen verzehrbaren Trockenmasseproduktion von 1260 kg TS ha<sup>-1</sup> können während der Regenzeit 1,65 TLU ha<sup>-1</sup> ernährt werden. In der frühen Trockenzeit (300 kg TS) ist bei niedrigem Futteraufkommen von einer Mindesttragfähigkeit von 0,39 und in der späten Trockenzeit (150 kg TS) von 0,19 TLU ha<sup>-1</sup> auszugehen. Die Angaben zeigen, dass also eher in der Trockenzeit mit Überweidung zu rechnen ist. Die geschätzte Bodenbedeckung des Zamfara-Weidegebiets durch *S. obtusifolia* mit 15-50% (BIELFELDT 1993a) und 3-34% im

Mittel der Weideökotypen<sup>54</sup> lässt die Inhomogenität der Verunkrautung deutlich werden. Das Potential der Sudansavanne wird in der ermittelten Biodiversität und Primärproduktion sichtbar. Gleichzeitig ist das Unkrautrisiko erkennbar. Die beobachtete Ansammlung von *S. obtusifolia* an Stellen, wie Rastplätze, Trifftwege und Tränken- sowie Dorfnähe lässt auf das erhöhte Risiko einer Verunkrautung bei hoher Tierkonzentration schließen. In der optimalen räumlichen und zeitlichen Beweidung der vorhandenen Naturweideressourcen des Zamfara-Gebiets liegt der wesentliche Ansatz zur angepassten und nachhaltigen Nutzung der Sudansavanne, einschließlich der Problematik der Kontrolle von *S. obtusifolia* (SKEA 1996d).

Es wird – nach eigener Auffassung – deutlich, dass wissenschaftliche (v.a. Datenerfassung), administrative (z.B. Projektdurchführung auf örtlicher Institutionsebene, Kredite), rechtliche (z.B. Landnutzung), lokalpolitische (u.a. Konzentration auf den Agrarsektor, Verteilung des BIP, Akzeptanz der Herdenmobilität, Dürremanagement) und letztlich global-politische (u.a. zivile Konflikte und Welthandel: Fleischimport, Exportpreise) Maßnahmen über Erfolg oder Misserfolg entscheiden (MENSCHING 1990, MANSHARD & MÄCKEL 1995, REARDON 1995, IWU 1996, SCOONES 1996, BLENCH & MARRIAGE 1998, 1999, DESANKER & MAGADZA 2001, OMOLEHIN 2005). In diesem Zusammenhang wird die Entwicklung von herkömmlichen, kommunalen zu monetären, privaten Systemen der Landzuweisung in Zamfara, verbunden mit einer tendenziellen Ausweitung der Ackerflächen, von den Fulbe mit Besorgnis gesehen (ECKERT & HOFFMANN 1998, cf. SCOONES *et al.* 1993).

BOT & BENITES (2001) fassen bestehende Problembereiche und mögliche Ansätze im Rahmen einer FAO-Studie über nachhaltige Landwirtschaft in den Tropen, Erhaltung der Biodiversität und Desertifikationskontrolle unter der Prämisse eines holistischen Lösungsansatzes wie folgt zusammen:

Natur und Umwelt:

- steigender Ressourcenverbrauch (cf. YOUNG 1993),
- sinkende Nahrungsmittelsicherheit und steigende Hilfsabhängigkeit,
- Identifizieren von Alternativen (konkret für *S. obtusifolia*: Nutzungsmöglichkeiten cf. Abschnitt 8.2, Kontrolle 8.4.5 und weitere Konzepte 8.5) und deren Verbreitung,

---

<sup>54</sup> cf. Abb. 6.1



- nachhaltige rurale Lebensbedingungen sind ausschlaggebend für stabile Gesellschaften und Ökosysteme (cf. SOLBRIG & YOUNG 1993).

#### Politik, Legislative:

- Koordinieren von Entscheidungen über die gesamte politische Ebene, um angepasste Lösungen für/durch die Landwirte herbeizuführen,
- Regierungsorganisationen sind aufgerufen, den Rezipienten auf interdisziplinäre und partizipative Weise zu dienen und zwar verstärkt auf lokaler Institutionsbasis (cf. SCOONES *et al.* 1993, PERRIER 1996, BLENCH & MARRIAGE 1999).

#### Schul- und Ausbildung:

- Ausbilden von professionellem Personal auf einer holistischen Grundlage,
- Orientieren von Forschungsprogrammen an lokalen Erfordernissen (cf. DEVRED 1969).

In lückigen Vegetationsabschnitten, verstärkt durch Überweidung, kommt es zur Invasion und Besiedlung mit *S. obtusifolia*. Schutz dieser Flächen, d.h. angepasste Beweidung bis hin zum zeitweiligen Tierausschluss soll eine Erholung des Pflanzenbestands (Assimilatspeicherung, Diasporenbildung, Reproduktion) nach sich ziehen und somit die Konkurrenzwirkung gegenüber *S. obtusifolia* erhöhen. Der wichtigste Forschungsansatz ist in der Ermittlung der bestmöglichen, d.h. verträglichen Tierbesatzdichte und des optimalen Beweidungszeitpunkts zu betonen. Die zentrale Frage ist, ab wann findet Überweidung statt? In Form von Beweidungsexperimenten sollten Faktoren wie verschiedene Tierdichten und unterschiedliche -arten geprüft werden. Die spezielle Berücksichtigung der phänologischen Wachstumsstadien von *S. obtusifolia* sowie des allgemeinen Zustands der Vegetation der Krautschicht (Artenzahl, Pflanzendecke) in Abhängigkeit von Niederschlagsmenge und -verteilung bilden die Rahmenbedingungen für diesen Versuch.

#### 8.4.5 Zusammenfassende Schlussfolgerung

Für die Verfahren zur Bekämpfung von *S. obtusifolia* kann folgendes konstatiert werden:

- manuelle Verfahren, wie Jäten oder Schnitt sind großflächig nicht praktikabel,

- chemische Verfahren sind kostenintensiv und aus Gründen wie Umweltschutz, Herdengesundheit sowie Management abzulehnen, des Weiteren ist eine gezielte Düngung auf großen Flächen ausgeschlossen,
- pyrotechnische Verfahren führen nicht zur erwünschten Verhinderung der Samenbildung und sind daher nicht zu empfehlen,
- biologische Verfahren befinden sich entweder noch in der Forschungsphase oder sind für einen Einsatz in semi-ariden Gebieten untauglich.

Daraus kann abgeleitet werden, dass erfolgversprechende Lösungen und praktikable Konzepte zur Kontrolle von *S. obtusifolia*, d.h. Verhinderung der Samenproduktion und Schaffung einer adäquaten Futtergrundlage für die Region der nördlichen Sudansavanne langfristig in folgenden Ansätzen liegen:

- maschineller Schnitt bedarf technischer Voraussetzungen und sollte bei starker örtlicher Verunkrautung (offene Savanne) bei einer Wuchshöhe von 40 cm in Erwägung gezogen werden,
- kulturtechnische Verfahren, insbesondere Etablierung autochthoner Futterpflanzen (kultivierte Savanne) einschließlich -gehölzen<sup>55</sup>, werden befürwortet, da sie die Verunkrautung mit *S. obtusifolia* verringern und die Futtergrundlage verbessern; diese sind allerdings kosten- und arbeitsaufwendig sowie witterungsabhängig,
- weidetechnische Verfahren, d.h. optimale und angepasste Beweidung, die u.U. mit einer temporären bzw. örtlichen Reduktion bzw. Umverteilung des Tierbestands einhergehen muss. Durch teil-/zeitweisen Tierausschluss (geschützte Savanne) wird eine Regeneration der Krautschicht und eine Verringerung und Kontrolle des *S. obtusifolia*-Bestands erreicht. Dies stellt jedoch hohe Anforderungen an Sozialstrukturen, Traditionen und Bewirtschaftungsziele der Tierhalter.

Weiterhin sind mittelbar für eine nachhaltige Kontrolle von *S. obtusifolia* auch folgende Aspekte von Bedeutung, da sie letztlich die Rahmenbedingungen dafür schaffen:

- sozio-ökonomische Faktoren liegen lt. SYLLA (1996) nicht in der Diskrepanz zwischen Tierzüchtern und Ackerbauern, sondern der Förderung von bestehenden Gemeinsamkeiten

---

<sup>55</sup> u.a. *Azadirachta indica* Juss. (*Meliaceae*), 3 ₪ ≈ 0,12 US\$ pro gepflanzten Ableger, 40 Setzlinge ha<sup>-1</sup>, d.h. 70 ₪ ≈ 2,8 US\$ ha<sup>-1</sup>; Kalkulation wurde für 400 ha durchgeführt (SKEA 1996d).

(Religion, Heirat) und gegenseitiger Ergänzung (Stoppelweide, Dung- und Hüteverträge, An- und Verkauf von Produkten der Tierhaltung und des Ackerbaus),

- politische Verantwortung der Regierung u.a. Institutionen muss auf nationaler, wie internationaler Ebene eingefordert und in Zusammenarbeit mit den pastoralen Tierhaltern durchgesetzt werden (GLATZLE 1990).

### 8.5 Alternative Konzepte für *Senna obtusifolia*

Informelle Befragungen der Fulbe-Hirten ergaben, dass eine vollständige Beseitigung von *S. obtusifolia* aus dem Zamfara-Weidegebiet überhaupt nicht erwünscht ist. Es sollte nach Wunsch der Fulbe-Hirten als Orientierung für die Planung eines Konzepts für die Weidefutterversorgung eine Futterflora den Tierherden zugänglich gemacht werden. *Senna obtusifolia*-Flächen sollten – nach Meinung der Befragten – sogar erhalten werden, um Ziegen und Schafen in der futterknappen Trockenperiode als Protein- und Energiequelle zu dienen (MALAMI pers. Mitteil. 2003). Der hohe Rohproteingehalt von ca. 24% [TS] spricht dafür.

Die Vorstellung, *S. obtusifolia* im Weidesystem zu belassen, lässt sich jedoch schwer in ein langfristig tragbares Konzept zur Weideführung und -management einbringen. Die aus der Literatur bekannte Tatsache, dass Wiederkäuer zur Verbreitung von *S. obtusifolia* beitragen, lässt den oben genannten Ansatz zur Weidefuttermittellieferung unter Einbeziehung von *S. obtusifolia* in das Gesamtkonzept problematisch erscheinen, da der Verteilung und weiteren Verbreitung von *S. obtusifolia*-Samen geradezu Vorschub geleistet würde. Der relativ geringe Bodensamenvorrat, der in einigen Fällen bereits leicht ansteigt, würde sukzessive durch Weidetiere aufgestockt. Betrachtet man *S. obtusifolia* als ein Weideunkraut, so ist eine Erhaltung oder Förderung derselben im Pflanzenbestand unter den gegenwärtigen Bedingungen als fraglich anzusehen. Allerdings gilt es, Möglichkeiten der Nutzung von Flächen, die nicht im Umfeld der Siedlungen liegen und wo *S. obtusifolia* als Ruderalpflanze verstärkt auftritt, zu prüfen. Diese können während der Trockenzeit, in Form von „fodder/protein banks“ mit strikter Kralhaltung – um eine vermehrte Ausbreitung durch Tierdung zu limitieren – unter der Aufsicht von Hirten, genutzt werden.

Demgegenüber steht folgende Alternative: Die Unkrautpflanze *S. obtusifolia* kann bei entsprechenden Voraussetzungen auf kleineren Flächen zu Beginn der Trockenzeit in eine futterliefernde Nutzpflanze umgewandelt werden. Ausgewählte Arbeitskräfte aus der ruralen Bevölkerung ernten – eventuell gegen Entlohnung – die reifen Hülsen. Diese werden mit

einfachen Mitteln, z.B. im Mörser, gestampft bzw. in z.T. verfügbaren maschinell betriebenen Mühlen geschrotet. Dadurch wird eine Einnahmequelle, insbesondere für Frauen, geschaffen. Des Weiteren wird die Samenausshüttung von gereiften und keimfähigen *S. obtusifolia*-Samen verringert bzw. verhindert. Außerdem würde mit dieser Maßnahme ein hochverdauliches Eiweißfutter für kleine Wiederkäuer bereitgestellt. Dieses könnte beispielsweise lokal vermarktet werden. Immerhin fällt dieses Produkt in der futterknappen Periode des Jahres an. Schließlich würde die weitere Verbreitung von *S. obtusifolia* durch Weidetiere durch das Stampfen bzw. Schroten verhindert und gleichzeitig die Nährstoffaufnahme verbessert. Sollte dieses Futtermittel Akzeptanz bei den Tierhaltern – sesshaft, wie mobil – finden, kann sich daraus die Schließung einer Marktlücke ergeben und ein wertvoller Beitrag zur Futterversorgung des Viehs in der Trockenzeit, Unkrautkontrolle sowie Einkommenssicherung der Familien in ländlichen Gebieten geleistet werden.

Im Rahmen einer in Zukunft gesteigerten Integration der agrarischen Produktion wären weitere Möglichkeiten der Nutzung von *S. obtusifolia* mit ihren Vor- und Nachteilen abzuwägen wie beispielsweise die Einrichtung von *S. obtusifolia*-Parzellen in Dorfnähe zur Gemüse- und Medizingewinnung. Eventuell käme künftig eine lokale Vermarktung von frischen, gekochten oder getrockneten Blättern bzw. Samen (z.B. Südkorea) in Frage. Die Nachfrage nach Pflanzen wie *S. obtusifolia* als alternative Nahrungs-, Genuss- und Heilmittel in den Industrieländern nimmt ständig zu (BARNEBY pers. Mitteil. 1993). Das Vorkommen Polysaccharide wurde in den Samen von *S. obtusifolia* festgestellt (Abschnitt 3.6.2). Ein Einsatz von *S. obtusifolia*-Samen in industriellem Maßstab liegt daher nahe und sollte für Nigeria angeregt werden. Hier ergeben sich Ansätze für Forschung und Industrie mit entsprechendem Potential. Ähnlich werden bereits in Indien die Samen von *S. tora* (eng verwandt mit *S. obtusifolia*), zur Gewinnung derartiger Substanzen für den industriellen Einsatz als Zusatzstoff in Lebensmitteln, intensiv erforscht (SHARMA *et al.* 2002, 2003a-c).

In der Integration von Acker-, Futterbau und Tierhaltung sowie der Entwicklung der Märkte<sup>56</sup> werden notwendige Maßnahmen und Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensbedingungen für die Menschen gesehen, die von der Weidewirtschaft leben (BAYER & OTCHERE 1985, POWELL & WATERS-BAYER 1985, SCHLEICH 1985, BIRSCHENK & FORSTER 1988, IRO

---

<sup>56</sup> Milchviehhaltung erfordert Weideflächen in relativer Marktnähe, um das leicht verderbliche Produkt abzusetzen (STURM 1993).

*et al.* 1988, STEINBACH 1989, MCINTIRE *et al.* 1992, OKORUWA *et al.* 1996, QUARLES 1998, MORTIMORE 2000, HOF *et al.* 2003a-b, OMOLEHIN 2005).

Als möglicher Forschungsschwerpunkt kann der Zusammenhang zwischen der Aufnahme von *S. obtusifolia*-Samen durch kleine Wiederkäuer, samenphysiologischen Vorgängen im Verdauungstrakt, Anteil der keimfähigen Samen bei Ausscheidung und Keimerfolg bzw. Überlebensrate von *S. obtusifolia*-Pflanzen thematisiert werden.

## 8.6 Ausblick

Geobotanische Untersuchungen, z.B. in Burkina Faso und in der Republik Guinea, gehen von einem konstanten Wandel semi-arider Kulturlandschaften in Bezug auf anthropogene Einwirkungen sowie klimatische Trends und Fluktuationen aus (FAIRHEAD & LEACH 1996, RASMUSSEN *et al.* 2001). Beobachtungen der Vegetation in Mali (ABAYE *et al.* 2005) und Burkina Faso (RENAUD pers. Mitteil. 2004) ergaben eine zunehmende Verunkrautung von Weideflächen mit *S. obtusifolia* mit ähnlichen Tendenzen wie im Zamfara-Weidegebiet in Nordwestnigeria (*cf.* YAMOLEKA 2001). Dies wirft die Frage nach überregionalen Lösungsansätzen auf.

Obwohl einzelne Ergebnisse der Kontrollmaßnahmen von *S. obtusifolia* zeitweise eine Reduktion der Unkrautpopulation erkennen lassen, kann gefolgert werden, dass die durchgeführten mechanischen und chemischen Varianten der Feldversuche von 1993-96 zur Anwendung in der Sudansavanne Nordnigerias ungeeignet bzw. nicht praktikabel erscheinen. Es muss betont werden, dass die *S. obtusifolia*-Population einen (durch periodisch vorkommende Trockenphasen bedingten) Rückgang während der Regenzeit erfährt. Die kulturtechnischen Varianten mit der Einsaat von Futtergräsern stellen einen wichtigen Ansatz zur Verbesserung der Weidefuttersituation und zur Eindämmung von *S. obtusifolia* in dieser Region dar. Die Einzäunung und/oder Einsaat von Savannenflächen, z.B. durch das „SEP“-Programm zeigt, dass *S. obtusifolia* aus dem Vegetationsbestand durch die natürliche Vegetation praktisch verdrängt bzw. durch kultivierte Gräser (*A. gayanus*, *P. pedicellatum*) eliminiert werden kann. Die kommerzielle Nutzung der kultivierten Flächen als Futterreserve in der Trockenzeit zeigt jedoch, dass *S. obtusifolia* durch Eintrag von Samen durch Weidetiere wieder im Pflanzenbestand etabliert werden kann, wenn der Bestand durch Überweidung oder Dürre lückig wird.

DJOUDI *et al.* (2000) plädieren bei der Suche nach sozial und ökologisch angepassten Lösungsstrategien, die Tierhalter, Hirten und andere Nutzer als wichtige Entscheidungsträger mit einzubeziehen. Dieser partizipative Lösungsansatz unter Anerkennung und Nutzbarmachung des umfangreichen Wissensfundus lokaler Hirten und Ackerbauern wird als grundlegende Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung von landwirtschaftlichen Entwicklungsprojekten und deren nachhaltigen Wirksamkeit angesehen (BOONZAIR *et al.* 1990, HIERNAUX 1996, FRATKIN 1998, HOMANN *et al.* 1998, KROLL & KRUGER 1998, KYIOGWOM *et al.* 1998, BOLLIG & SCHULTE 1999, SILLITOE 1999, BOT & BENITES 2001, MOORE *et al.* 2005).

SCHÄFER (1998: 201ff.) nennt in diesem Zusammenhang konkret folgende, von den Fulbe geäußerten Probleme der Rinderhaltung, wobei die Reihenfolge nicht unbedingt eine Rangfolge darstellt:

- Futter- und Wassermangel,
- Weiderodung zur Ackerlandgewinnung und Reduktion der Viehtriebwege,
- Viehdiebstahl sowie
- fehlende Unterstützung durch die Regierung.

Daraus lässt sich ableiten, dass es im Zamfara-Weidegebiet zu einer Ressourcenverknappung kommt, die zu sozialen Spannungen zwischen den Ackerbauern und Tierzüchtern, aber auch unter diesen führt. Die hohe politische Verantwortung und die fehlende Rolle der Regierung bei der Lösung von Konflikten und der Verteilung der geringer werdenden Futtergrundlagen werden deutlich sichtbar. Letztere kann daher gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Dabei geht es den Fulbe nicht, wie oft geschehen, um Einmischung (Sedentarisierung, Steuern), sondern um Mitspracherecht, Subventionierung (Futterkosten) und Maßnahmen, welche die Nutztierhaltung (Schaffung von Tränken, Abgrenzung der Felder, Errichtung einer Tierklinik) und das Leben der Hirtenfamilien (Bau einer Schule, Trinkwasser) erleichtern.

Als Fazit für das Zamfara-Weidegebiet und die Kontrolle von *S. obtusifolia* kann festgehalten werden, dass nur im ganzheitlichen Herangehen und unter Einbeziehung der Fulbe-Hirten nachhaltige Lösungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Weidefuttermittellversorgung hervor gebracht werden können. Wissenschaftler, Entwicklungsorganisationen und Politiker sind aufgerufen, im gemeinsamen Wettstreit einvernehmlich die von den Fulbe-Pastoralisten ausgeführten Vorschläge und Ansätze zu verwirklichen (*cf.* SMITH 2005).

## 9 Zusammenfassung

Die Untersuchungen für die vorliegende Arbeit wurden in der Umgebung der Staatsfarm Faru im Norden des 2355 km<sup>2</sup> großen Zamfara-Weidegebiets durchgeführt. Dieses Gebiet steht seit 1916 unter Schutz, zunächst als Forst-, ab 1960 parallel als Weidegebiet. Die ackerbauliche Nutzung wurde mit Ausnahme der vier Enklaven per Gesetz ausgeschlossen. Das Zamfara-Weidegebiet liegt im Nordosten des gleichnamigen Bundesstaates (Nigeria) in der semi-ariden Sudansavanne. Die Jahresniederschläge variieren innerhalb des Weidegebiets und betragen 500-800 mm. Die Vegetation wird als Baumsavanne charakterisiert und geht im trockeneren Norden in Strauchsavanne über. In der Krautschicht überwiegen annuelle Arten. Phytogeographische Erhebungen im Zamfara-Weidegebiet zeigten eine 15-50%ige Dominanz von *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby, einer krautigen annuellen *Caesalpinioideae*. Diese besiedelt, bedingt durch ihre Anpassungsfähigkeit die lückigen, z.T. übernutzten Abschnitte des Weidegebiets, woraus sich die Notwendigkeit ergab, die Biologie und Ökologie dieser Art zu beschreiben sowie Möglichkeiten der Kontrolle aufzuzeigen.

Das „SEP“-Programm begann 1990 die Bewirtschaftung einiger nördlicher Weiden, in deren Verlauf drei Weideökotypen, nämlich die offene Savanne einerseits sowie die eingezäunten Flächen der geschützten und kultivierten Savanne andererseits, entstanden. Das Hauptunterscheidungskriterium, das sich aus der jeweiligen Nutzungsform ergab, ist der Verunkrautungsgrad mit *S. obtusifolia*. Die offene Savanne, wo hohe Tierdichten von 0,64 TLU ha<sup>-1</sup> im Jahresmittel und unregelmäßige Futternutzung vorkommen, ist stark verunkrautet. Die geschützte Savanne hingegen wird ganzjährig mit konstanter Tierdichte von 0,33 TLU ha<sup>-1</sup> beweidet, wobei Holzeinschlag u.ä. ausgeschlossen ist. *Senna obtusifolia* kommt hier nur vereinzelt vor. In der kultivierten Savanne wurden zwei Futtergräser (*Andropogon gayanus* Kunth und *Pennisetum pedicellatum* Trin.) eingesät. Diese Weide wird in der Trockenzeit als „fodder bank“ genutzt. Die Verunkrautung mit *S. obtusifolia* ist gering. Die Felduntersuchungen wurden zu Beginn der Trockenzeit 1993 und jeweils während der Regenzeit und der beginnenden Trockenzeit 1994, 1995 und 1996 durchgeführt.

Kenntnisse über die Biologie von *S. obtusifolia* sind die Voraussetzung für eine erfolgreiche Kontrolle. Schwerpunkte der Forschung bildeten die botanische und phänologische Beschreibung, das Verbreitungspotential und schließlich die chemische Analyse der Inhaltsstoffe. Demzufolge ist *S. obtusifolia* eine dikotyle C<sub>3</sub>-Pflanze, die bereits bei geringer Bodenfeuchte

frühzeitig keimt (Keimrate 48%) und während der Regenzeit weitere Keimaktivität zeigt, rasch wächst und eine Wuchshöhe von *ca.* 100 cm erreicht. 3-paarige Fiederblättchen, gelbe Blüten und gebogene Hülsen sowie eine kräftige Pfahlwurzel sind charakteristisch. Es konnte ein annueller Lebenszyklus mit frühem Blühverhalten bestätigt werden. Bei genügend Raum bildet *S. obtusifolia* eine Wuchsform, die einem Halbstrauch ähnelt. In dichten Beständen verringert sich die Anzahl der Triebe und es kommt nur im oberen Drittel zu einer Beblätterung. Dies hat einen Einfluss auf die Anzahl der Hülsen, wobei Pflanzen mit einem Spross die geringste Hülsenanzahl hervorbrachten, an welche die Samenproduktion gekoppelt ist. Die Samenmenge je Flächeneinheit und der Bodensamenvorrat sind abhängig von der *S. obtusifolia*-Dichte. In der offenen Savanne wurde im Oktober 1993 bei 60 Pflanzen  $\text{m}^{-2}$  die höchste Anzahl mit 4600 Samen  $\text{m}^{-2}$  (77 Samen je Pflanze) und einem Bodensamenvorrat (10 cm Bodentiefe) von 233 Samen  $\text{m}^{-2}$  registriert. Für die geschützte Savanne wurden bei 10 Pflanzen  $\text{m}^{-2}$  1000-2800 Samen  $\text{m}^{-2}$  (100-280 Samen je Pflanze) bzw. 12 Samen  $\text{m}^{-2}$  im Boden ermittelt. In der kultivierten Savanne stand 1 Pflanze  $\text{m}^{-2}$ , die 130 Samen  $\text{m}^{-2}$  erbrachte. Der Bodensamenvorrat war zu diesem Zeitpunkt nicht nachweisbar. Im Mittel der Untersuchungen zum Bodensamenvorrat der Jahre 1993-96 wurden 180, 72 bzw. 40 *S. obtusifolia*-Samen  $\text{m}^{-2}$  in der offenen, geschützten und kultivierten Savanne gezählt. Dies deutet auf einen allmählichen Eintrag in den eingezäunten Flächen hin. Da die Samen von *S. obtusifolia* mindestens 5 Jahre im Boden keimfähig bleiben, stellt die Samenproduktion und -ausschüttung das Bindeglied zur Samenbank im Boden und letztlich zur Unkrautbekämpfung. Im Verlauf der Regenzeit kommt es durch Trockenstress und Konkurrenz zu einem natürlichen Populationsrückgang von *S. obtusifolia*. Dieser betrug 79, 34 bzw. 77% in der offenen, der geschützten und der kultivierten Savanne im Mittel der Regenzeiten 1995/96. Die Niederschlagsverteilung spielt dabei eine wesentliche Rolle. Der reife *S. obtusifolia*-Bestand zu Beginn der Trockenzeit stellt die potentielle Ausgangspopulation der kommenden Regenzeit. Eigenen Beobachtungen und informellen Befragungen zufolge wird *S. obtusifolia*, trotz eines hohen Futterwerts, in der Regenzeit von den Weidetieren gemieden. Erst in der späten Trockenzeit, wenn das Futterangebot knapp ist, nehmen – insbesondere Ziegen und Schafe – die reifen Hülsen mit den Samen auf und tragen so zur Vermehrung von *S. obtusifolia* bei.

Die Untersuchungen in Flächen mit hoher und spärlicher Verunkrautung durch *S. obtusifolia* wurden unter dem Aspekt durchgeführt, Bodenqualität und Vegetationszusammensetzung der Krautschicht zu differenzieren und so Erkenntnisse über die Ökologie dieses Weideunkrauts zu gewinnen. Wichtige Merkmale der untersuchten Proben des Oberbodens waren eine



geringe Wasserhaltefähigkeit, bedingt durch den hohen Sandgehalt sowie ein schwach saurer pH-Wert und eine relativ niedrige Nährstoffkonzentration. Sowohl bei den physikalischen als auch den chemischen Bodeneigenschaften ergaben sich im Wesentlichen keine Unterschiede zwischen den Verunkrautungsgraden. Als Begründung für die stark schwankende Besiedlung mit *S. obtusifolia* sind daher andere Faktoren, wie z.B. Klima, Topographie oder Beweidung zu nennen. Die *S. obtusifolia*-Dichte unterschied sich bei dieser Untersuchung im Mittel weniger zwischen den Weideökotypen, als zwischen den Verunkrautungsgraden. So wurden ca. 34 und 3% *S. obtusifolia* in hoch bzw. spärlich verunkrauteten Flächen festgestellt. Die Bodenbedeckung der Krautschicht in den eingezäunten Weiden sowie in der offenen Savanne mit hoher Verunkrautung betrug ca. 80%. Spärlich bestandene Flächen in der offenen Savanne zeigten lediglich 24%. In hoch verunkrauteten Flächen, insbesondere in der offenen Savanne, ist der hohe Anteil an *S. obtusifolia* für diese Bodenbedeckung verantwortlich. Hingegen sind es in der geschützten und v.a. in der kultivierten Savanne die Gräser und Kräuter, welche die Schließung der krautigen Vegetationsdecke bewirken. Die Wuchshöhe von *S. obtusifolia* ist im Vergleich zu den übrigen Pflanzen der Krautschicht höher, wobei sämtliche Pflanzen generell in hoch verunkrauteten Flächen größer sind als in spärlichen Beständen, und das ist ein Hinweis für die Konkurrenzkraft von *S. obtusifolia*. Die Biodiversität (Anzahl der Arten der Krautschicht) ist in beiden Fällen gleich. Die Gräserarten zeigten im Mittel der Weideökotypen eine Dominanz in hoch verunkrauteten Flächen. Die Pflanzendichte der Krautschicht (Anzahl der Individuen) war allerdings fast ausnahmslos in spärlich verunkrauteten Teilstücken höher, dadurch fehlte *S. obtusifolia*. Einzelne Arten sind für unterschiedliche Weideökotypen (z.B. *Loudetia togoensis* (Pilg.) Hubb.: geschützte Savanne) oder Jahreszeiten (z.B. *Schoenefeldia gracilis* Kunth: beginnende Trockenzeit) charakteristisch. Allgemein wurden in Flächen mit hoher *S. obtusifolia*-Dichte unter den Gräsern Arten wie *Cenchrus biflorus* Roxb., *Digitaria debilis* (Desf.) Willd. und *P. pedicellatum* sowie Kräutern *Amaranthus* und *Sida* spp., *Spermacoce octodon* (Hepper) Lebrun & Stork und *Urena lobata* Linn. häufiger gefunden. Dagegen kommen in spärlich mit *S. obtusifolia* bestandenen Flächen Gräser wie *Aristida* spp., *L. togoensis* und *S. gracilis* sowie bei den Kräutern v.a. *Zornia glochidiata* DC (*Papilionoideae*) vor.

Generell ist der Anteil an *S. obtusifolia* mit 48, 7 und 3% der Bodenbedeckung in der offenen, geschützten und kultivierten Savanne als hoch bzw. gering zu bezeichnen. Dies ist ein Maß für die Verunkrautung und tendenzielle Degradation bzw. Rehabilitation in den einzelnen Weideökotypen. Varianten zur Kontrolle von *S. obtusifolia* wurden zu Beginn (Keimlings-

phase) und Maximum (Wachstumsphase) der Regenzeit und zu Beginn der Trockenzeit (Blüh- und frühe Fruchtphase) durchgeführt. Ergebnisse indizieren einen Rückgang der *S. obtusifolia*-Dichte unabhängig von den Behandlungen während einer Regenzeit, so dass Einflüsse wie Konkurrenz und Niederschlag berücksichtigt werden müssen. Im Wesentlichen kam es trotz Behandlung zu einem Anstieg der *S. obtusifolia*-Population im Oktober 1996 im Vergleich zu den Ausgangsbeständen. Bei der Bekämpfung von *S. obtusifolia* sind die Verhinderung der Samenproduktion und die Vermeidung einer Bodensamenbank von zentraler Bedeutung. Der optimale Zeitpunkt der Anwendung von Maßnahmen zur Kontrolle von *S. obtusifolia* ist daher die Keimlings- und frühe Wachstumsphase, also Mai bis Anfang August ( $\leq 40$  cm Wuchshöhe). Der mechanisierte Schnitt ist (im Gegensatz zu manuellen Varianten) das einzige vertretbare Verfahren direkter Kontrollmaßnahmen auf größeren Flächen. Biologische Möglichkeiten, wie die Nutzung des Samenkäfers *Caryedon pallidus* Oliver, werden erforscht und sind z.Z. nicht praxisrelevant. Die Verwendung von Verfahren der Bodenbearbeitung, Feuer und chemischen Maßnahmen (Herbizide) werden aus Gründen der Samenphysiologie, Toleranz bzw. Umweltschutz nicht empfohlen.

Der Zusammenhang von Pflanzendecke, *S. obtusifolia*-Befall und Beweidung, d.h. die Nutztierdichte wird im Vergleich der offenen Savanne gegenüber den eingezäunten Weiden deutlich. Die Besiedlung der Lücken der Krautschicht mit *S. obtusifolia* – in der offenen Savanne – ist zwar aus der Sicht des Erosionsschutzes positiv, jedoch wegen der Nichtschmackhaftigkeit aus Sicht der Weidewirtschaft unproduktiv, hemmend und folglich als nachteilig zu bewerten. Die wichtigsten Ansätze zur Bekämpfung von *S. obtusifolia* und gleichzeitigen Verbesserung der Weidefuttersituation werden in Maßnahmen der indirekten Kontrolle, konkret durch Optimierung der Beweidung in der geschützten Savanne (7% *S. obtusifolia* und  $0,33 \text{ TLU ha}^{-1}$ ) und der Einsaat von klimatisch an die Bedingungen der Sudansavanne angepassten Futterpflanzen in der kultivierte Savanne (3% *S. obtusifolia*, temporäre Nutzung) gesehen. Priorität dabei hat die Schließung der Krautschicht, d.h. die Stärkung der Konkurrenzwirkung derselben hinsichtlich der Unterdrückung von *S. obtusifolia*. In beiden Bewirtschaftungsformen fallen Zaun- und Wartungskosten an. In der kultivierten Savanne kommen Kosten der Saatbettbereitung und Aussaat hinzu. Finanzieller Aufwand und Zäune stoßen allerdings bei den pastoralen Fulbe auf Grenzen (Transhumanz, Kapital), ebenso wie eine extern diktierte Reduzierung oder Regulierung des Nutztierbesatzes. An Stelle von Zäunen können durch den Einsatz von Hirten die Kosten substituiert werden.

Die Mobilität der Herden in semi-ariden Savannen ist auf Grund des quantitativ und qualitativ schwankenden Futteranfalls notwendig und gilt in Zamfara als die wichtigste Maßnahme der Weidebewirtschaftung. Das Konzept der Tragfähigkeit als Maßnahme der Weideführung ist in trockenen Jahren umstritten und es kann außerdem nicht mit der uneingeschränkten Akzeptanz der Tierhalter gerechnet werden. Dennoch hat sich im Vergleich der offenen Savanne und den eingezäunten Weideökotypen die Verunkrautung mit *S. obtusifolia* als primäres Unterscheidungskriterium, gefolgt von der Bodenbedeckung der Krautschicht, erwiesen. Dieser Gegensatz ist auf eine Übernutzung der offenen Savanne, insbesondere eine hohe Tierkonzentration während der Trockenzeit, zurückzuführen. Zur Gewährleistung der erfolgreichen und nachhaltigen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Kontrolle von *S. obtusifolia* sind deshalb folgende Voraussetzungen erforderlich, die letztlich den natürlichen Bedingungen der Sudansavanne und den dort existierenden Tierhaltern entsprechen:

- Futterreserven zeitlich und räumlich optimal nutzen,
- Herdenmanagement, -struktur und -zusammensetzung dem Futterangebot anpassen,
- Landnutzungsplanung und -rechte definieren und legitimieren,
- Verbesserung der infrastrukturellen Grundlagen und Förderung der sozio-ökonomischen Beziehungen zwischen Tierhaltern und Ackerbauern,
- Partizipation der Zielgruppe und Nutzung des lokalen Wissensfundus als unabdingbare Voraussetzung für die nachhaltige Umsetzung von Entwicklungsprogrammen,
- Schaffung der Rahmenbedingungen zur Verwirklichung der politischen Ökologie.

## 10 Summary

Biology, ecology and control of *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby in the Zamfara Grazing Reserve in the Sudan savanna of Northwest Nigeria.<sup>57</sup>

The investigations were conducted in the vicinity of the state farm of Faru in the North of the Zamfara Grazing Reserve which comprises an area of 2355 km<sup>2</sup>. This territory is under protection since 1916: at first as a Forest Reserve and from 1960 simultaneously as a Grazing Reserve. Crop production – except in the four enclaves – was prohibited by law. The Reserve lies in the Northeast of Zamfara State, Nigeria, in the semi-arid Sudan savanna. The precipitation varies greatly within the Reserve and is on average 500-800 mm per annum. The vegetation is characterised as a tree savanna, which changes into a shrub savanna toward the more arid North. Annuals account for the greater part of the herbal strata. Preliminary studies in the Reserve showed a 15-50% dominance of *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby – an annual herb of the *Caesalpinioideae* sub-family. This plant species occupies large patches of the Reserve due to its highly adapted nature to a sparse and partially overused vegetation cover. Hence there is a necessity to describe the biology and ecology of this weedy species and to show measures of control.

The Sokoto Environmental Protection Programme started in 1990 to manage some of the northern pastures. In time three pasture ecotypes evolved: the open savanna on one side and the fenced areas of the protected and the cultivated savanna on the other. The infestation with *S. obtusifolia* is the main distinguishing characteristic of the different pasture ecotypes and can be understood as a result of the use and management of each area. The open savanna – where high densities of domestic animals (annual mean of 0.64 TLU ha<sup>-1</sup>) and irregular grazing pressure occur – is heavily infested with the weed. The protected savanna is grazed year round by a herd of cattle at a carrying capacity of 0.33 TLU ha<sup>-1</sup>. The utilisation of the woody species is excluded. *Senna obtusifolia* occurs only sparsely. In the case of the cultivated savanna two forage grass species, i.e. *Andropogon gayanus* Kunth. and *Pennisetum pedicellatum* Trin., were established. This pasture is grazed as a fodder bank only at the peak of the dry season. The degree of weed infestation is negligible. The field experiments were conducted at the beginning of the dry season in 1993 and during the periods of the rainy season until the beginning of the dry season in 1994, 1995 and 1996.

Detailed knowledge about the biology of *S. obtusifolia* is the precondition for a successful control of the weed. Among the main objectives of the research were the description of the botany and phenology, the seed production potential and the analysis of the chemical constituents. Results indicate that *S. obtusifolia* is a dicotyledonous  $C_3$  plant which germinates already at low levels of soil moisture at a rate of 48%. Germination occurs throughout the humid period with sufficient rain. The plants grow rapidly during the rainy season and reach a height of approximately 100 cm. *Senna obtusifolia* is characterised by compound leaves which show 3 pairs, yellow inflorescence, curved pods (hence the vernacular name: sicklepod) as well as a tough and deep tap root (without nodules). An essentially monocarpic life cycle with a precocious flowering behaviour can be concluded. With enough space the plants grow into a half shrub. On the other hand *S. obtusifolia* plants develop only a few or just one single stem(s) in a densely populated herbal stratum. The latter growth habits are only branched in the upper third of the plant. The influence of the growth forms is significant on the number of pods which in turn has an effect on the seed production. The seed amount and the soil seed bank are a function of the density of *S. obtusifolia*. With 60 plants  $m^{-2}$  the highest rate was counted in the open savanna at 4600 seeds  $m^{-2}$  (77 per plant) and a soil seed reservoir of 233 seeds  $m^{-2}$  (at 10 cm depth). In the protected savanna with a weed population of 10 plants  $m^{-2}$  already 1000-2800 seeds  $m^{-2}$  (100-280 plant $^{-1}$ ) and soil seed amount of 12 seeds  $m^{-2}$  were determined. Finally in the cultivated savanna with only 1 *S. obtusifolia* plant  $m^{-2}$  130 seeds  $m^{-2}$  were produced and no seed bank could be detected at the beginning of the dry season. The number of seeds in the soil could be figured at 180, 72 and 40 seeds  $m^{-2}$  (mean of 1993-96) in the open, the protected and the cultivated savanna, respectively. This indicates an increase in the fenced areas. Since the seeds of *S. obtusifolia* can lie dormant for at least 5 years in the soil, it is obvious that the seed production and dissemination is the key link to the soil seed bank and finally to the control of the weed. A pronounced natural reduction of the weed population is discernible during the rainy season which is caused by factors like drought stress and competition. The rate of decline was as much as 79, 34 and 77% for the open, the protected and the cultivated savanna, respectively (mean of the rainy periods of 1995/96). The rainfall distribution – which contributes to the available soil moisture – plays a vital role in this reduction process. The mature *S. obtusifolia* plants at the beginning of the dry season are the basis for the potential generation in the following rainy season. From observations and informal discussions with the Fulbe herdsman it became

---

<sup>57</sup> list of tables, charts and figures see annex

obvious that the growing *S. obtusifolia* plants are avoided by grazing livestock despite a high forage and nutritive value. Only in the late dry season – when forage becomes scarce – goats and sheep browse the mature pods and seeds and thereby contribute to the spread of the weed.

The investigation in patches with a dense and sparse weed cover, respectively, were carried out with the main objective to determine possible differences in the pedology and the vegetation cover of the herbal strata. This aimed at finding out characteristics about the ecology of the weedy *S. obtusifolia* plants in a pasture environment. The overall results show a high percentage of sand, coupled with a low water holding capacity and a weakly acid pH value. The status of soil nutrients especially that of the nitrogen and organic carbon content turned out to be low as well. No differences could be detected statistically between the two environments or between the pasture ecotypes. Factors like climate, topography and grazing must be examined as possible reasons for the uneven distribution of *S. obtusifolia*. The mean *S. obtusifolia* density in densely and sparsely infested patches was 34 and 3%, respectively for all the pasture ecotypes. The soil coverage of the herbal strata in the fenced plots and in the open savanna with a dense weed population amounted to about 80%, whereas in patches of the open savanna with a sparse weed density the soil coverage was only 24%. In areas with a high percentage of weeds, especially in the open savanna, *S. obtusifolia* contributes most to the total herbal strata coverage. Grasses and forbs account for the majority of the herbal strata in the protected savanna and even more so in the cultivated savanna, which causes a relatively closed cover of pasture vegetation. The height of *S. obtusifolia* plants is higher in comparison to the remaining species of the herbal strata. Measurements show that plants are generally higher in dense weed-associations which is an indicator for the competitive strength of *S. obtusifolia* plants and the competition potential of the herbal strata. The biodiversity (total species richness and forb species) is the same in both degrees of weed infestation. Only the grass species showed dominance in patches with a dense *S. obtusifolia* cover. However, the number of individual plants was always significantly more in patches with a sparse *S. obtusifolia* cover which is concluded to be due to the absence of the weed. Some species were found to be present only in one of the three pasture ecotypes. *Loudetia togoensis* (Pilg.) Hubb. for example grew only in large numbers in the protected savanna. Other species were counted only at a certain period, i.e. *Schoenefeldia gracilis* Kunth., at the beginning of the dry season. In general species like *Cenchrus biflorus* Roxb., *Digitaria debilis* (Desf.) Willd. And *P. pedicellatum* (grasses) as well as *Amaranthus* spp., *Spermacoce octodon* (Hepper) Lebrun & Stork, *Sida* spp. and *Urena lobata* Linn. (forbs) were found more frequent in patches with a

dense weed cover. On the other hand *Aristida* spp., *L. togoensis* and *S. gracilis* (grasses) and *Zornia glochidiata* DC (a leguminous herb) are the dominating species in patches with a sparse weed density.

The overall percentage of *S. obtusifolia* contributing to the soil cover with 48, 7 and 3% in the open, the protected and the cultivated savanna, respectively can be called high on the former and low in the latter two cases. This is a measure of the degree of weed infestation and the tendency toward either degradation or rehabilitation in the mentioned pasture ecotypes. The variants of control measures of *S. obtusifolia* were undertaken at the beginning of the rains (seedlings phase, 2-leaf-stage), the peak of the humid season (growing phase) and the beginning of the dry season (flowering and early fruit phase). Results indicate a general decline of the *S. obtusifolia* population during the rainy season irrespective of treatments. Factors like intra and inter-specific competition and precipitation influencing this reduction must be considered. At average the weed density increased despite treatments in October 1996 compared to the initial stand. The pivotal question of *S. obtusifolia* control is to avoid seed production and dissemination and thus the increase of the soil seed reserves. It must therefore be stated that the optimum phenology stage to apply control measures is the seedlings and early growth phase. The time to run such applications is May to early August with a growth height of  $\leq 40$  cm. The mechanised cut (in opposition to manual methods) of large areas is the only economically justifiable measure of direct control. Biological weed control options like the utilisation of the seed bruchid *Caryedon pallidus* Oliver are recommended and under scientific research but not applicable at present. The use of means of tillage, fire and chemical control (herbicides) are not advisable because for reasons like seed physiology, tolerance or environmental pollution.

The connections of plant cover, *S. obtusifolia* infestation and grazing are clearly recognisable in the open savanna on one side and the fenced pastures on the other. The ability of *S. obtusifolia* to inhabit uncovered areas – especially in the open savanna – can be advantageous in the light of soil protection from the high risk of erosion. However, due to its unpalatable character the plant is unproductive and consequently of considerable disadvantage to pasture and range management. The major approach to the control of *S. obtusifolia* and a simultaneous improvement of the pasture forage situation can be seen in means of prophylactic measures of weed reduction. The protected savanna shows that through an appropriate grazing pressure the vegetation becomes denser and less *S. obtusifolia* plants occur. This in

turn indicates that the total herbal strata can tolerate at least up to 7% *S. obtusifolia* at a present carrying capacity of 0.33 TLU ha<sup>-1</sup>. The cultivated savanna with the establishment of indigenous fodder species serves as a second example of possible pasture improvement and weed control. Here with 3% *S. obtusifolia* a practically weed free area has been created through plant interference and high grazing pressure for a short period in the dry season and an allowed phase of re-growth for the desired pasture species (to replenish the soil seed bank). Thus the ultimate objective of *S. obtusifolia* control is a vigorous and dense plant cover which can successfully compete and suppress the weed. In both cases costs for fencing, cultivation and management incur. Financial expenditure and fences pose limitations (transhumance, capital) for the livelihood of the pastoral Fulbe as well as the regulatory reduction of their herds from external institutions. Fence costs could be substituted by herding.

Herd mobility is necessary in semi arid environments and considered the main option of meeting shifting forage supplies (quality and quantity) in the Zamfara Grazing Reserve. The concept of carrying capacity as a tool to operate pastures in dry years is being debated and it can furthermore not be assumed to find acceptance by the entirety of the stock owners. Nonetheless it has to be strongly stated that primary feature of the open savanna is the low cover of the herbal strata followed by a high degree of infestation with *S. obtusifolia*. In contrast to this are the fenced pasture ecotypes with their low weed population and closed canopies of the herbal vegetation. Such differences can be drawn back to the partial over-utilisation of the open savanna, particularly due to a high density of domestic animals during the dry season. To facilitate possible improvement of the vegetation through successful and sustainable control of *S. obtusifolia* by measures mentioned above, it would be necessary to correspond with the natural conditions of the Sudan savanna and the coexisting pastoralists. In order to achieve such progress certain preconditions must be given as follow:

- Utilisation of natural plant resources according to their temporal and spatial availability,
- Adjustment of herd structure, composition and management with respect to the forage situation,
- Definition and legal application of land use planning and property rights,
- Improvement of infrastructure and enhancement of the socio-economic relationships between herders and farmers,
- Participation of the target groups and use of the indigenous knowledge as vital a precondition for the sustainable realisation of developing programmes,



- Creation of the basis for the fulfilment of the criteria of the political ecology.

**Literaturverzeichnis<sup>58</sup>**

- AAFC. Agric-Agri-Food-Canada. 2001. GRIN-CA genera of *Cassiinae*. in: Plant gene resources of Canada. on-line-publ. <http://www.pgrc3.agr.ca>
- Abaye, A.O. *et al.* 2005. Controlled grazing: Botanical response and animal performance. in: Moore, K.M. (ed.) Conflict, social capital and managing natural resources: A West African case study. Wallingford. CABI Publ. (A division of CAB-Int.): 211-227.
- Abbiw, D.K. 1996. Misuses and abuses in the self-medication with medicinal plants: The case of *Erythrophleum* in Ghana. in: Maesen van der, L.J. *et al.* (eds.) The biodiversity of African plants. Proceed-XIV-AÉTFAT-Congr. Dordrecht. Kluwer: 714-718.
- Abbott, T.P. *et al.* 1998. Potential uses of sicklepod (*Cassia obtusifolia*). Indust-Crop-Prod. Amsterdam; New York, NY: Elsevier. 8 (1): 77-82.
- Abdu, P.S. *et al.* 1982. Sokoto State in maps: An atlas of physical and human resources. Sokoto; Birmingham. Univ-Press Ltd: 1-39.
- Abebe, T. 1994. Growth performance of some multipurpose trees and shrubs in the semi-arid areas of southern Ethiopia. Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 26 (3): 237-248.
- Abegaz, B.M. *et al.* 1994. Anthraquinones from *Senna multiglandulosa*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 35 (2): 465-468.
- Abraham, H. *et al.* 1998. Evaluation of productivity and drought resistance of three native Nigerian grasses. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 67-72.
- Abo, K.A.; Adeyemi, A.A. 2002. Seasonal accumulation of anthraquinones in leaves of cultivated *Cassia podocarpa* Guill. et Perr. Afr-J-Medicine-Medic-Sci. Ibadan. New Spectrum Books. 31 (2): 171-173.
- Abo, K.A.; Adeyemi, A.A.; Sobowale, A.O. 2000. Seasonal variations of hydroxyanthraquinone content of cultivated *Cassia spectabilis* DC. Afr-J-Medicine-Medic-Sci. Ibadan. New Spectrum Books. 29 (2): 141-144.
- Abo, K.A.; Adeyemi, A.A.; Sobowale, A.O. 2001. Microscopic evaluation and seasonal variations of anthraquinone glycosides of cultivated *Cassia fistula* Linn. Afr-J-Medicine-Medic-Sci. Ibadan. New Spectrum Books. 30 (1-2): 9-12.
- Abo, K.A.; Lasaki, S.W. Adeyemi, A.A. 1999. Laxative and antimicrobial properties of *Cassia* spp. growing in Ibadan. Nigerian-J-Natur-Prod-Med. Ile Ife. Nigerian-Soc-Pharmacogn. 3: 47-50.
- Ackermann, R. *et al.* 1990. Das Bild unserer Welt. Afrika. Von Kairo bis Kapstadt. 2. Ausg. München; Stuttgart. ADAC. (Allg-Deutsch-Automobil-Club) 432 S.

<sup>58</sup> Falls in Arbeiten über Afrika die Bezeichnung *Cassia tora* Linn. vorkommt, handelt es sich ausschließlich um *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (cf. BURKILL 1995 vol. 3: 157ff., ILDIS 2001).

- Adam, J-G.; Echard, N.; Lescot, M. 1972. Plantes médicinales Hausa de l'Ader (République du Niger). J-Agric-Trop-Bot-Appl. Paris. Muséum-Nation-Hist-Natur. 19: 259-399.
- Adams, C.D. *et al.* 1972. Flowering plants of Jamaica. Mona. Univ-West-Indies. Univ-Press. Glasgow. 848 p.
- Adams, J.M. 1997. Africa during the last 150000 years. in: Adams, J.M. Global land environments since the last interglacial. Oak Ridge, TN: Nation-Lab. Quaternary-Environ-Network. 11 p.
- Adamu, M. 1976. The spread of the Hausa culture in West Africa – 1700 - 1900. Savanna. J-Environ-Social-Sci. Zaria. Ahmadu-Bello-Univ-Publ. 5 (1): 3-13.
- Adebitan, S.A. 1998. Record of new host plants for *Sphaceloma* on cowpea in Nigeria. Mycopathol. Dordrecht. Kluwer. 143 (1): 47-51.
- Adedayo, O. *et al.* 1999. Antifungal properties of some components of *Senna alata* flower. Pharmaceut-Biol. Lisse. Swets & Zeitlinger. 37 (5): 369-374.
- Adegbehin, J.O.; Igboanugo, A.B. 1990. Agroforestry practices in Nigeria. Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 10 (1): 1-22.
- Adejuyigbe, C.O.; Tian, G.; Adeoye, G.O. 1999. Soil microarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 47 (1/3): 263-272.
- Adjanohoun, E.J.; Aké Assi, L. 1979. Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Centre-Nation-Florist. Univ-Abidjan. 385 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1980. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Niger. Paris. ACCT. 250 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1981a. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Mali. Paris. ACCT. 291 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1981b. Contribution to ethnobotanical and floristic studies in western Nigeria. Lagos. CSTR/OUA. Commiss-Sc-Techn-Rech-Org-Unité-Afr. 420 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1982. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques aux Comores. Paris. ACCT. 216 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1983. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques aux Seychelles. Paris. ACCT. 170 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1984. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Gabon. Paris. ACCT. 294 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1986. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Togo. Paris. ACCT. 671 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1988. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Congo. Paris. ACCT. 605 p.

- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Bénin. Paris. ACCT. 895 p.
- Adjanohoun, E.J. *et al.* 1993. Contribution to ethnobotanical and floristic studies in Uganda. Lagos. CSTR/OUA. Commiss-Sc-Techn-Rech-Org-Unité-Afr. Pharmel.
- Aedo, C.; Tellería, T.; Velayos, M. (ed.) 1999. Bases documentales para la flora de Guinea Ecuatorial: Plantas vasculares y hongos. Madrid. Consejo-Sup-Invest-Cien. Real-Jardín-Bot. 414 p.
- AES. Agric-Extension-Service. 1980. Poisonous plants of southern United States. Univ-Tennessee: Publ-No. 818: 12.
- Agarkar, S.V.; Jadge, D.R. 1999. Phytochemical and pharmacological investigations of genus *Cassia*: A review. Asian-J-Chem. Shibabad. Chemic-Publ-Co. 11 (2): 295-299.
- Agbemelo-Tsomafo, P.K.; Agbossamey, Y. 1996. Productivité et valeur bromatologique de graminées et légumineuses fourragères en région maritime du Togo. in: Ndikumana, J.; Leeuw de, P.N. (eds.) AFRNET. Afr-Feed-Resour-Network. Nairobi. Sustainable feed production and utilisation for smallholder livestock enterprises in sub-Saharan Africa. Proceed-Workshop.
- Agbenin, J.O. 1995. Phosphorus sorption by three cultivated savanna Alfisols as influenced by pH. Fertilizer-Res. Dordrecht. Kluwer. 44 (2): 107-112.
- Agboola, S.A. 1979. An agricultural atlas of Nigeria. Oxford. Oxford-Univ-Press. 248 p.
- Agnaniet, H. *et al.* 2005. Aromatic plants of tropical Central Africa. XLVI. Essential oil constituents of *Cassia alata* (L.) from Gabon. J-Essential-Oil-Res. Wheaton, IL: Allured-Publ. Co. 17 (4): 410-412.
- Agyemang, K.; Dogoo, D.L.; Makun, H.J. 1998. Profitability of forage production in small-holder peri-urban dairy production systems. Exp-Agric. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 34 (4): 423-437.
- Ainslie, J.R. 1937. A list of plants used in native medicine in Nigeria. Imperial-Forestry-Inst. Univ-Oxford. Inst-Paper N° 7. 109 p.
- Akah, P.A. *et al.* 1998. Evaluation of Nigerian traditional medicines. II. Effects of some Nigerian folk remedies on peptic ulcer. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 62 (2): 123-127.
- Akanmu, M.A. *et al.* 2004. Toxicity potentials of *Cassia fistula* fruits as laxative with reference to senna. Afr-J-Biomed-Res. Ibadan. Biomed-Communic-Group. 7: 23-26.
- Akanmu, M.A. *et al.* 2005. Toxicity potentials of *Senna podocarpa* (Guill. et Perr.) Lock pods in rodents. Afr-J-Tradit-Complem-Altern-Med. Toronto, ON: Afr-Ethnomed-Network. 2 (3): 274-281.
- Aké Assi, L. 1982. Une espèce nouvelle de *Cassia* Linné (Césalpiniacées) de Côte d'Ivoire. Bull-IFAN. (Inst-Fondam-Afr-Noire) sér. A: Sc-Natur. 44 (1-2) : 67-70.

- Aké Assi, L. 1983. Quelques vertus médicinales de *Cassia occidentalis* L. (Césalpiniciacées) en basse Côte d'Ivoire. Bothalia. Pretoria. Bot-Res-Inst. 14 (3/4): 617-620.
- Aké Assi, L. 1988. Plantes médicinales: Quelques Légumineuses utilisées dans la médecine de tradition Africaine en Côte d'Ivoire. in: Goldblatt, P.; Lowry, P.P. (eds.) Proceed-11-Plenary-Meeting-Assoc-Taxon-Stud-Flora-Trop-Afr. MSB: Monogr-Syst-Bot-Missour-Bot-Garden. St. Louis, MO: AÉTFAT. 25: 309-313.
- Aké Assi, Y.A. 1992. Contribution au recensement des espèces végétales utilisées traditionnellement sur le plan zootechnique et vétérinaire en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat (Sc. Vétérinaires). Lyon. Univ-Claude-Bernard. 220 p.
- Akendengue, B.; Louis, A.M. 1994. Medicinal plants used by the Masango people in Gabon. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 41 (3): 193-200.
- Akiremi, A.A.; Omobuwajo, O.R.; Elujoba, A.A. 2000. Pharmacopoeial standards for the fruits of *Cassia fistula* and *Cassia podocarpa* from Nigeria. Nigerian-J-Natur-Prod-Med. Ile Ife. Nigerian-Soc-Pharmacogn. 4: 23-26.
- Akobundu, I.O. 1987. Weed science in the tropics. Principles and practices. Chichester, New York, NY: Wiley-Interscience-Publ. 522 p.
- Akomolafe, R.O. *et al.* 2004. An *in vitro* study of the effects of *Cassia podocarpa* fruit on the intestinal motility of rats. Phytomed. Int-J-Phytother-Phytofarmacol. Jena. Elsevier. 11 (2-3): 249-254.
- Akomolafe, R.O. *et al.* 2003. Effects of *Cassia sieberiana* leaf extracts on the intestinal motility of rat. Afr-J-Biomed-Res. Ibadan. Biomed-Communic-Group. 6: 141-145.
- Alberti, A. *et al.* 1931. Enciclopedia Italiana. Di scienze, lettere ed arti. vol. IX. (Care-Chia) Milano; Roma. Institvto Giovanni Treccani. Rizzoli. 1000 p.
- Alders, R.G. 1992. The diagnosis and control of Newcastle disease in Zambia. Final project report for the Austral-Centre-Int-Agric-Res. Canberra.
- Alemayehu, G.; Abegaz, B.M. 1996. Bianthraquinones from the seeds of *Senna multiglandulosa*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 41 (3): 919-921.
- Alemayehu, G.; Abegaz, B.M.; Kraus, W. 1998. A 1,4-anthraquinone-dihydroanthracenone dimer from *Senna sophora*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 48 (4): 699-702.
- Alemayehu, G. *et al.* 1993. Bianthrone from *Senna longiracemosa*. Phytochem. Oxford. Pergamon Press. 32 (5): 1273-1277.
- Alemayehu, G.; Hailu, A.; Abegaz, B.M. 1996. Bianthraquinones from *Senna didymobotrya*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 42 (5): 1423-1425.
- Alessi, G. *et al.* 1980. Dizionario biografico degli Italiani. vol. 24. (Cer-Chi) Roma. Istituto della Enciclopedia Italiana. 805 p.

- Aletor, V.A.; Omodara, O.A. 1994. Studies on some leguminous browse plants, with particular reference to their proximate, mineral and some endogenous anti-nutritional constituents. *Anim-Feed-Sci-Technol.* Amsterdam. Elsevier. 46 (3/4): 343-348.
- Alkämper, J. 1986. Unkrautbekämpfung in den Tropen und Subtropen. in: Rehm, S. (Hrsg.) *Grundlagen des Pflanzenbaues in den Tropen und Subtropen*. 2. Aufl. Stuttgart. Ulmer: 443-463.
- Allaby, M. (ed.) 1998. *A dictionary of plant sciences*. Oxford. Univ-Press. 508 p.
- Allen, E.K.; Allen, O.N. 1933. Attempts to demonstrate symbiotic nitrogen-fixing bacteria within the tissues of *Cassia tora*. *Am-J-Bot.* Columbus, OH: Bot-Soc-Am. 20 (2): 79-84.<sup>59</sup>
- Allen, O.N.; Allen, E.K. 1981. *Caesalpinioideae: Cassieae. Cassia* L. in: *The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation*. London; Basingstoke. Macmillan Publ. Ltd: 140-148, tt. xxxvii-xlix.
- Alsleben, B. *et al.* 2003. *Duden – Das große Fremdwörterbuch. Herkunft und Bedeutung der Fremdwörter*. 3. überarb. Aufl. Mannheim. Duden. Bibliogr-Inst. Brockhaus. 1542 S.
- Altieri, M.A.; Nicholls, C.I. 1997. Indigenous and modern approaches to IPM in Latin America. *ILEIA-(Centre-Low-Extern-Input-Sustain-Agric)-Newsletter*. Leusden. Centr-Res-Inform-Exchange-Ecologic-Sound-Agric. 13 (4): 6-8.
- Ammon, H.U. 2002. Unkrautbekämpfung in Kulturen: Wiesen und Weiden. in: Zwerger, P.; Ammon, H.U. (Hrsg.) *Unkraut – Ökologie und Bekämpfung*. Stuttgart. Ulmer. Verlag-Union-Agrar. 311-316.
- Amsellem, Z. *et al.* 1990. Complete abolition of high inoculum threshold of two myco-herbicides (*Alternaria cassiae* and *A. crassa*) when applied in invert emulsion. *Phytopathol.* St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 80 (10): 925-929.
- Amsellem, Z.; Sharon, A.; Gressel, J. 1991. Abolition of selectivity of two mycoherbicidal organisms and enhanced virulence of avirulent fungi by an invert emulsion. *Phytopathol.* St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 81 (9): 985-988.
- ANBG. Austral-Nation-Bot-Gardens. 2006. *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby. in: *IBIS. Integr-Bot-Inform-Syst. APNI. Austral-Plant-Name-Index. ANH. Austral-Nation-Herb. Canberra.* on-line publ. <http://www.anbg.gov.au>
- Anderson, W.P. 1983. *Weed science: Principles*. 2<sup>nd</sup> edn. St. Paul, MN: West-Publ. Co. 655 p.
- Andrew Baring, A.M.; Litt, B. 1974. Die Fulbe im Sudan. in: Evans-Pritchard, E. (Hrsg.) *Bild der Völker. Die Brockhaus Völkerkunde in zehn Bänden. Bd. 2. Afrika südlich der Sahara. Teil 1. Afrika zwischen Sahara und Sambesi*. Wiesbaden. Brockhaus: 54-63.
- Andrews, F.W. 1952. *The flowering plants of the Anglo-Egyptian Sudan. vol. II. (Sterculiaceae - Dipsacaceae)* Arbroath. Buncle & Co. Ltd. Published for the Sudan Government. 485 p.

<sup>59</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

- Anning, P. *et al.* 1989. Sicklepod replaces overgrazed tropical pastures. Queensland-Agric-J. Brisbane, Qld. Govt-Print. 115 (3): 188-192.
- Aregheore, E.M.; Makkar, H.P.; Becker, K. 1997. Chemical composition and tannins in leaves of some browse plants from Delta central Nigeria eaten by ruminants. Bericht-Gesellsch-Ernähr-physiol. Frankfurt a.M. DLG. Deutsch-Landwirtsch-Gesellsch. 6: 112.
- Aregheore, E.M. 2000. The *in vitro* estimation of energy value and organic matter digestibility of some tropical crop residues and browses used in intensive ruminant livestock production in the dry season. Sci-Agric-Bohemica. Praha. Univ-Agric. 31 (2): 111-121.
- Armstrong, G.M.; Armstrong, J.K. 1966. *Fusarium oxysporum* f. *cassiae* form. nov., causal agent of wilt of *Cassia tora* and other plants. Phytopathol. St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 56 (6): 699-701.<sup>60</sup>
- Arnborg, T. 1988. Where savanna turns into desert. Experiences from the Sudan savanna zone in Sokoto State. Rural development studies 24. Uppsala. 85 p.
- Arnold, T.H. *et al.* (eds.) 2002. Medicinal and magical plants of southern Africa: An annotated checklist. Pretoria. Strelitzia. 13. Nation-Bot-Garden. 203 p.
- Arruda, M.S. *et al.* 2005. Potential allelochemicals isolated from *Pueraria phaseoloides*. Allelopathy-J. Hisar. Agric-Univ. Int-Allelop-Found. 15 (2): 211-219.
- Arumadri, J. 2001. The forest revenue system and government expenditure on forestry in Uganda. Roma; Accra. Forestry-Policy-Plann-Div. FAO. 64 p.
- Asakawa, S. 1994. Plantation trial in semi-arid land: An example in Kenya. JIRCAS. Japan-Int-Res-Centre-Agric-Sci. Int-Sympos-Series. Tsukuba. 1: 140-146.
- Asefa, D.T. *et al.* 2003. An assessment of restoration of biodiversity in degraded high mountain grazing lands in northern Ethiopia. Land-Degrad-Dev. Chichester. Wiley. 14: 25-38.
- ASGA. Assoc-Serv-Géol-Africaine. 1963. Carte géologique de l'Afrique. Paris. UNESCO. Feuilles 2, 4-5. à l'échelle de 1 : 5000000.
- Aspiras, R.B. 1998. Nodulation in *Cassia*. Terminal report. Int-Dev-Res-Center. Ottawa, ON: 8 p.
- Auberle, A. *et al.* 2003. Deutsches Universalwörterbuch. 5. überarb. Aufl. Mannheim. Duden. Bibliogr-Inst. Brockhaus. 1892 S.
- Aubréville, A. 1950. Flore forestière soudano-guinéenne A.O.F. - Cameroun - A.E.F. Paris. Soc-Éditions-Géogr-Maritimes-Colon. 523 p.<sup>61</sup>
- Aubréville, A. 1959. La flore forestière de la Côte d'Ivoire. 2<sup>e</sup> éd. révisée. tom. 1. Nogent-sur-Marne. Centre-Techn-Forest-Trop. Publ. N° 15. 371 p.

<sup>60</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

<sup>61</sup> Afrique Occidentale Française, Afrique Equatoriale Française

- Aubréville, A. 1968. Légumineuses - Cæsalpinioïdées. en: Flore du Gabon. N° 15. Paris. Muséum-Nation-Hist-Natur. Lab-Phanérog. 362 p.
- Aubréville, A. *et al.* 1958. Vegetation map of Africa south of the tropic of cancer. London. Cook; Hammond & Kell. Scale 1: 10000000.
- Aubréville, A.; Leroy, J-F. 1970. Légumineuses (Cesalpinioïdées). en: Flore du Cameroun. tom. 9. Paris. 339 p.
- Audus, L.J. (ed.) 1976. Herbicides. Physiology, biochemistry, ecology. vols. 1-2. 2<sup>nd</sup> edn. London; Orlando, FL: Acad-Press, Inc. (1) 608 p.; (2) 564 p.
- Avila de, Z.R. *et al.* 2000. Produção de inoculo de *Alternaria cassiae*. Pesqu-Agropec-Brasil. Rio de Janeiro. Departam-Nacion-Pesqu-Agropec. 35 (3): 533-541.
- Aweto, A.O. 1991. Exploitation and conservation of savanna ecosystem resources in Nigeria. Resour-Managem-Optim. London. Harwood Acad-Publ. 9 (1): 33-43.
- Awodola, A.M. *et al.* 1992/93. Vegetation studies. Reconnaissance survey of the Zamfara Grazing Reserve. Sokoto. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 15 p. (unpubl.)
- Awodola, A.M.; Magaji, M.D.; Shinkafi, M.A. 1998. Assessment of drought tolerance in some multipurpose plants in the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 61-66.
- Awodoyin, R.O.; Ogunyemi, S. 2005. Use of sicklepod, *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby, as mulch interplant in cayenne pepper, *Capsicum frutescens* L., production. Emir-J-Agric-Sci. Al-Ain. College-Food-Agric. 17 (1): 10-22.
- Ayoub, A.T. 1977. Some primary features of salt tolerance in senna (*Cassia acutifolia*). J-Exp-Bot. Oxford. Univ-Press. 28 (103): 484-492.
- Ayoub, A.T. 1994. Some features of salt tolerance in senna (*Cassia acutifolia*), in Sudan. Tasks-Veg-Sci. Dordrecht. Junk. (32): 297-301.
- Ayuk, A.; Iyayi, E.A.; Okon, B.I. 2002. Proximate composition and tannin content of some multipurpose tree leaves. Global-J-Agric-Sci. Calabar. Global-J-Series. 1 (2): 77-82.
- Bâ, A.S. 1994. L'art vétérinaire en milieu traditionnel Africain. Paris. ACCT. 136 p.
- Backer, C.A.; Bakhuizen van den Brink, R.C. Jr 1963. Flora of Java (Spermatophytes only). vol. 1. *Gymnospermae*, Families 1-7. *Angiospermae*, Families 8-110. Noordhoff. Groningen. 648 p.
- Badejo, M.A. 1998. Agroecological restoration of savanna ecosystems. Ecol-Engineer. Amsterdam. Elsevier. 10 (2): 209-219.
- Baerts, M.; Lehmann, J. 1989. Guérisseurs et plantes médicinales de la région des Crêtes Zaïre-Nil au Burundi. Annales. Musée-Royal-Afr-Centr. Sc-Econ. Tervuren. vol. 18. 214 p.
- Baerts, M.; Lehmann, J. 1991. Plantes médicinales vétérinaires de la région des Crêtes Zaïre-Nil au Burundi. Annales. Musée-Royal-Afr-Centr. Sc-Econ. Tervuren. vol. 21. 133 p.



- Baerts, M.; Lehmann, J. 1993. L'utilisation de quelques plantes médicinales au Burundi. Annales. Musée-Royal-Afr-Centr. Sc-Econ. Tervuren. vol. 23. 155 p.
- Bailey, A.W. 1988. Understanding fire ecology for range management. in: Tueller, P.T. (ed.) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Dordrecht. Kluwer: 527-558.
- Baker, E.G. 1930. The *Leguminosae* of tropical Africa. pt. III. Suborder II, *Caesalpinieae* & suborder III, *Mimoseae*. Ostend. Unitas-Press: 608-953.
- Baker, H.G. 1989. Some aspects of natural history of seed banks. in: Leck, M.A. *et al.* (eds.) Ecology of soil seed banks. San Diego, CA: Acad-Press: 9-24.
- Baker, J.G. 1877. Flora of Mauritius and the Seychelles: A description of the flowering plants and ferns of those islands. London. Reeve. 557 p.
- Baker, J.G. 1878. *Leguminosae*. 103. *Cassia*, Linn. in: Hooker, J.D. The flora of British India. vol. 2. *Sabiaceae* to *Cornaceae*. Ashford. Reeve: 261-267.
- Bakhiet, A.O.; Adam, S.E. 1996. Toxicity to Bovans chicks of *Cassia italica* seeds. Phytother-Res. Sussex. Wiley. 10 (2): 156-160.
- Balogun, A.M.; Fetuga, B.L. 1986. Chemical composition of some underexploited leguminous crop seeds in Nigeria. J-Agric-Food-Chem. Washington, DC: Am-Chem-Soc. 34 (2): 189-192.
- BAM. Bund-Inst-Arzn-Med-Prod. 1996. Anthranoid-haltige Abführmittel. Ernähr-Umschau. Frankfurt a.M. Deutsch-Gesellsch-Ernähr. 43 (10): 382-383.
- Bance, S.M. 2003. Socio-economic value of biological diversity. in: Convention on biological diversity. Country study Burkina Faso biodiversity. Ouagadougou. Clear-Hous-Mech. 10 p.
- Bannon, J.S. 1988. CASST herbicide (*Alternaria cassiae*): A case history of a mycoherbicide. Am-J-Alternative-Agric. Greenbelt, MD: Inst-Alternative-Agric. 3 (2/3): 73-76.
- Bararpour, M.T.; Oliver, L.R. 1998. Effect of tillage and interference on common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and sicklepod (*Senna obtusifolia*) population, seed production, and seed bank. Weed-Sci. Lawrence, KS: WSSA. 46 (4): 424-431.
- Barclay, A.S.; Earle, F.R. 1974. Chemical analysis of seeds III: Oil and protein content of 1253 species. Econ-Bot. New York, NY: Soc-Econ-Bot. NY-Bot-Garden. 28 (2): 178-236.
- Barminas, J.T.; Charles, M.; Emmanuel, D. 1998. Mineral composition of non-conventional leafy vegetables. Plant-Foods-Human-Nutr. 's-Gravenhage. Kluwer. 53 (1): 29-36.
- Barrett, R.P. 1990. Legume species as leaf vegetables. in: Janick, J.; Simon, J.E. (eds.) Advances in new crops. Portland, OR: Timber Press: 391-396.
- Bar-Sela, A.; Hoff, H.E.; Faris, E. 1964. Moses Maimonides' two treatises on the regimen of health. Trans-Am-Philos-Soc. Philadelphia, PA: Am-Philos-Soc. New Series. 54 (4): 3-50.

- Bartels, G.B.; Norton, B.E.; Perrier, G.K. 1990. The applicability of the carrying capacity concept in Africa. (Comment on the PDN-Paper 29b: Leeuw de, P.N.; Tothill, J.C. 1990. The concept of rangeland carrying capacity - Myth or reality?). Pastoral Development Network. Paper 30e. London. Overseas-Dev-Inst. 9 p.
- Bartels, G.B.; Norton, B.E.; Perrier, G.K. 1993. An examination of the carrying capacity concept. in: Behnke, R.H.; Scoones, I.; Kerven, C. (eds.) Range ecology at disequilibrium. London. Overseas-Dev-Inst: 89-103.
- Barth, A.T. *et al.* 1994. Coffee senna (*Senna occidentalis*) poisoning in cattle in Brazil. Vet-Human-Toxicol. Manhattan, KS: Kansas-State-Univ. Am-College-Vet-Toxicol. 36 (6): 541-545.
- Bartha, R. 1970. *Cassia obtusifolia* (Caesalpiniaceae) in: Futterpflanzen in der Sahelzone Afrikas. München. Inst-Wirtschaftsforschung. Afrika Studien 48: 130-131.
- Bashir, D. 1994. The climate of the Zamfara Grazing Reserve. in: Rangeland development in the endangered Sudan Savanna in Sokoto State, Nigeria. Sokoto. Res-Report. 1992-94: 15-21. (unpubl.)
- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, CA: Acad-Press. 666 p.
- Baskin, J.M.; Nan, X.Y.; Baskin, C.C. 1998. A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of *Senna* (Fabaceae). Seed-Sci-Res. Wallingford. CAB-Int. 8 (4): 501-512.
- Baskin, J.M.; Nan, X.Y.; Baskin, C.C. 1999. A comparative study of the seedling-juvenile and flowering stages of the life cycle in an annual and a perennial species of *Senna* (Leguminosae; Caesalpinioideae). Am-Midl-Naturalist. Notre Dame, IN: Centro-Estud-Histór. 141 (2): 381-390.
- Bastian, H. (Hrsg.) 1973. Ullstein Lexikon der Pflanzenwelt. Frankfurt a.M. Ullstein. 516 S.
- Bathke, A. 2000. Die Hoeffding-Zerlegung in linearen Modellen. Diss. Göttingen. 127 S.
- Baumann, M. 1995. Feed values of selected plant species in the Zamfara Grazing Reserve, Northwest Nigeria. Work-Paper. Stuttgart. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 7 p. (unpubl.)
- Baumer, M.C. 1978. Environmental impacts of rangeland uses. in: Hyder, D.N. (ed.) Proceed-1-Int-Rangeland-Congr. Denver, CO: Soc-Range-Managem: 17-20.
- Baxter, J. 1995. Farmers who fallow with trees. Agroforestry-Today. Nairobi. ICRAF. Int-Centre-Res-Agroforestry. 7 (3/4): 8-10.
- BAYER-AG. 1992. *Cassia* spp. in: Codes – Important crops of the world and their weeds. 2<sup>nd</sup> edn. Leverkusen: 237-240.

- Bayer, W.; Otchere, E.O. 1985. Effect of livestock crop integration on grazing time of cattle in a sub-humid African savanna. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) Ecology and management of the world's savannas. Canberra. CAB: 256-259.
- Bayer, W.; Waters-Bayer, A. 1996. Forage alternatives from range and field: Pastoral forage management and improvement in the African drylands. in: Scoones, I. (ed.) Living with uncertainty: New directions in pastoral development in Africa. London. Intermed-Technol-Publ: 58-78.
- Bebawi, F.F.; Neugebohrn, L. 1991. A review of plants of northern Sudan. Eschborn. GTZ. Gesellsch-Techn-Zus-arbeit. 294 p.
- Becker, B. 1982/83. The contribution of wild plants to human nutrition in the Ferlo (northern Senegal). Agroforestry-Syst. 's-Gravenhage. Nijhoff & Junk-Publ. 1: 257-267.
- Becker, B. 1984. Wildpflanzen in der Ernährung der Bevölkerung afrikanischer Trockengebiete. Drei Fallstudien aus Kenia und Senegal. Göttingen-Beitr-Land-Forstwirtschaft-Trop-Subtrop. Heft 6. 336 S.
- Becker, F. (Hrsg.) 1992. Der Hase und der Ziegenbock. (Fulani, Guinea) in: Afrikanische Märchen. Märchen der Welt. Fischer Taschenbuch. Frankfurt a.M.: 177-181.
- Becker, M.; Johnson, D.E.; Segda, Z.J. 1998. The role of legume fallows in intensified upland rice-based systems of West Africa. in: Buckles, D. *et al.* Cover crops in West Africa. Contributing to a sustainable agriculture. Ottawa, ON: IDRC. Int-Dev-Res-Center: 82-96.
- Becker, R.L. 2003. Grass pastures. in: Gunsolus, J.L. *et al.* Cultural and chemical weed control in field crops. Mankato, MN: Univ-Minnesota: 53-56.
- Bederke, E.; Wunderlich, H.G. 1968. Atlas zur Geologie. Meyers Großer Physischer Weltatlas. Teil 2. Mannheim. Bibliogr-Inst. 75 S.
- Beggs, K. *et al.* 2001. Developing an analytical framework for monitoring biodiversity in Australia's rangelands. Case study 1: Biodiversity monitoring in Cape York Peninsula. Darwin, NT: TSCRC. Trop-Savannas-Coop-Res-Centre. 23 p.
- Behnke, R.H.; Abel, N. 1996. Revisited: The overstocking controversy in semi-arid Africa. World-Anim-Rev. Quart-J-Anim-Health-Prod-Products. Roma. FAO. 87 (2): 2-27.
- Behnke, R.H.; Scoones, I. 1993. Rethinking range ecology: Implications for rangeland management in Africa. in: Behnke, R.H.; Scoones, I.; Kerven, C. (eds.) Range ecology at disequilibrium. London. Overseas-Dev-Inst: 1-30.
- Behnke, R.H.; Scoones, I.; Kerven, C. (eds.) 1993. Range ecology at disequilibrium. New models of natural variability and pastoral adaptation in African savannas. London. Overseas-Dev-Inst. 248 p.
- Belmain, S.R. *et al.* 2001. Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethno-botanicals used as post-harvest protectants. Food-Chem-Toxicol. Oxford. Elsevier. 39 (3): 287-291.

- Belsky, A.J. 1992. Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species competition and diversity in grassland communities. J-Veg-Sci. Int-Assoc-Veg-Sci. Uppsala. Opulus. 3 (2): 187-200.
- Benjamin, R.W. *et al.* 1995. Annual regrowth and edible biomass of two species of *Atriplex* and of *Cassia sturtii* after browsing. J-Arid-Environ. London; New York, NY: Acad-Press. 29 (1): 63-84.
- Bentham, G. 1871. Revision of the genus *Cassia*. Trans-Linn-Soc. ser. 1. London. Linnean-Soc. 27: 503-591.
- Berchem, J. 1994. Aspects of traditional and potential utilisation of the indigenous vegetation of northern East Africa: A contribution to self-reliant people-orientated development at the Horn of Africa. The plants of East Africa. pt. 3. Köln. OMIMEE-Intercult-Publ. 501 p.
- Berhaut, J. 1967. Flore du Sénégal plus complète, avec les forêts humides de la Casamance. 2<sup>e</sup> éd. Dakar. Éditions Clairafrique. 485 p.
- Berhaut, J. 1975. Flore illustrée du Sénégal. Dicotylédones. tom. IV. Ficoidées à Légumineuses. Dakar. Ministère-Dév-Rural-Hydraulique. 625 p.
- Bernus, E. 1986. Principaux déplacements des éleveurs de la zone pastorale Centre et Centreouest du Niger. en: CTA. Centre-Techn-Coop-Agric-Rurale. Élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques – Niger. Wageningen. IEMVT. Inst-Élevage-Méd-Vét-Pays-Trop: 21.
- Berry, L. 1975. The Sahel: Climate and soils. in: MAB. Man and the Biosphere. The Sahel: Ecological approaches to land use. Paris. UNESCO-Press: 9-18.
- Bertaux, P. (Hrsg.) 1998. Afrika. Von der Vorgeschichte bis zu den Staaten der Gegenwart. Weltbild Weltgeschichte. Bd. 32. genehmigte Lizenzausgabe. Frankfurt a.M. Fischer Taschenbuch. 384 S.
- Bessin, R. *et al.* 1993. Travail de synthèse sur la pharmacopée vétérinaire traditionnelle pour le Séminaire africain inter-régional sur la pharmacopée vétérinaire. Ouagadougou. Documentation sous réseau PRÉLUDE. (Progr-Res-Link-Univ-Dev.)
- Beuers, U.; Spengler, U.; Pape, G.R. 1991. Hepatitis after chronic abuse of senna. Lancet. London. Elsevier. 337 (8737): 372-373.
- Beyer, H.; Walter, W. 1991. Lehrbuch der organischen Chemie. 22. Auf. Stuttgart. Hirzel. 1030 S.
- Bhandari, M.M. 1978. Flora of the Indian desert. Jodhpur. Sci-Publ. 427 p.
- Bhattacharyya, B.; Johri, B.M. 1998. Flowering plants. Taxonomy and phylogeny. Berlin. Springer. 753 p.
- Bielfeldt, A. 1993a. Vegetation resources of Zamfara Reserve, Sokoto State, Nigeria. pt. I. Report. Giessen. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 11 p. (unpubl.)

- Bielfeldt, A. 1993b. Vegetation resources of Zamfara Reserve, Sokoto State, Nigeria. pt. II. Herbarium list. Giessen. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 4 p. (unpubl.)
- Bielfeldt, A. 1993c. Vegetation resources of Zamfara Reserve, Sokoto State, Nigeria. pt. III. List of vernacular names. Giessen. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 28 p. (unpubl.)
- Biermann, F. 2001. Umweltflüchtlinge. Ursachen und Lösungsansätze. Politik-Zeitgesch. Bonn. Bundeszentrale-Polit-Bildung. B12: 24-29.
- Bierschenk, T.; Forster, R. 1988. Die Produktionsrationalität der agro-pastoralen Fulbe in Nord Benin. in: Alkämper, J. (Hrsg.) 1988. Tropische Weiden und Futterressourcen. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 17: 199-212.
- Bilbao, B. *et al.* 1996. Biodiversity, fire and herbivory in tropical savannas. in: Solbrig, O.T. *et al.* (eds.) Biodiversity and savanna ecosystem processes. Ecol-Studies 121. Berlin. Springer: 197-206.
- Black, B.D. *et al.* 1996a. Potential weed hosts for *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, causal agent for soybean stem canker. Plant-Dis. St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 80 (7): 763-765.
- Black, B.D. *et al.* 1996b. Weed hosts for *Rhizoctonia solani*, causal agent for *Rhizoctonia* foliar blight of soybean (*Glycine max*). Weed-Technol. Champaign, IL: WSSA. 10 (4): 865-869.
- Blair-Rains, A. 1986. Soil related constraints in major farming systems of agro-ecological zones of sub-Saharan Africa. in: Haque, I.; Jutzi, S.; Neate, P.J. (eds.) Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa. Addis Ababa. Proceed-Workshop: 3-25.
- Blench, R.M. 1985. Pastoral labour and stock alienation in the sub-humid and arid zones of West Africa. Pastoral-Dev-Network paper 19e. London. Overseas-Dev-Inst. 21 p.
- Blench, R.M. 1999. Traditional livestock breeds: Geographical distribution and dynamics in relation to the ecology of West Africa. Work-Paper 122. London. Overseas-Dev-Inst. 67 p.
- Blench, R.M.; Dendo, M. 2003. Fulfulde names for plants and trees in Nigeria, Cameroon, Chad and Niger. (Draft – Prepared for comment only) Cambridge. Overseas-Dev-Inst. 31 p.
- Blench, R.M.; Marriage, Z. 1998. Climatic uncertainty and natural resource policy: What should the role of government be? Natur-Resour-Perspect. 31. London. Overseas-Dev-Inst. 8 p.
- Blench, R.M.; Marriage, Z. 1999. Drought and livestock in semi-arid Africa and Southeast Asia. Work-Paper 117. London. Overseas-Dev-Inst. 134 p.
- Blume, H-P. *et al.* (Hrsg.) 2002. Scheffer/Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde. 15. neu bearb. Aufl. Heidelberg; Berlin. Spektrum. 593 S.
- Boddey, R.M. *et al.* 1997. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. Soil-Biol-Biochem. Oxford. Elsevier. Pergamon. 29 (5/6): 787-799.

- Boerner, F. 1966. Taschenbuch der botanischen Pflanzennamen für Gärtner, Baumschuler, Garten- und Pflanzenfreunde, Land- und Forstwirte. 2. Aufl. Berlin; Hamburg. Paray. 435 S.
- Boffa, J-M. 1999. Agroforestry in parklands in sub-Saharan Africa. FAO-Conservation Guide 34. Roma. FAO. 230 p.
- Bogdan, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. Grasses and legumes. London; New York, NY: Trop-Agric-Series. Longman. 475 p.
- Böhm, M. 2001. Dorfvegetation im Sahel und Subsahel Burkina Faso. in: Kahlheber, S.; Neumann, K. (Hrsg.) Man and environment in the West African Sahel. Frankfurt a.M. Bericht-SFB-(Sonderforschungsbereich)-268. Bd. 17: 193-225.
- Boissier, E. 1872. *Flora Orientalis. Sive enumeratio plantarum in Oriente a Græcia et Ægypto ad Indiæ fines hucusque observatarum.* vol. 2. *Calycifloræ (Polypetalæ)*. Genève. 1159 p.
- Boiteau, P. 1986. Médecine traditionnelle et pharmacopée. Précis de matière médicale malgache. Paris. ACCT. 141 p.
- Bollig, M.; Schulte, A. 1999. Environmental change and pastoral perceptions: Degradation and indigenous knowledge in two African pastoral communities. Human-Ecol. New York, NY; London. Plenum-Press. 27 (3): 493-514.
- Bolton, M.P. 1989. The ecology of introduced woody weeds in northern Queensland. in: Gorham, P.E. (ed.) Proceed-5-Bienn-Noxious-Plants-Conf. Lismore, NSW: New-South-Wales-Agric-Fisher. 1: 136-144.
- BONAP. Biota-North-Am-Progr. 1998. US distribution of *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby. A synchronized checklist of the vascular flora of the United States, Puerto Rico and the Virgin Islands. TAMU-BWG. Texas-Am-Univ. Bioinform-Work-Group. on-line-publ. <http://www.csd1.tamu.edu>
- Bonmort, J.; Roblin, G. 1996. Effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on the dark- and light-induced pulvinar movements in *Cassia fasciculata* Michx. Plant-Growth-Regul. Dordrecht. Kluwer. 19 (1): 61-65.
- Bonnefille, R. *et al.* 1997. Africa, and Madagascar, Arabia and the Levant. in: Adams, J.M.; Faure, H. (eds.) Review and atlas of palaeovegetation. Preliminary land ecosystem maps of the world since the last glacial maximum. Oak Ridge, TN: Nation-Lab. Quaternary-Environ-Network. 20 p.
- Boonzaier, E.A. *et al.* 1990. Communal land use and the "tragedy of the commons": Some problems and development perspectives with specific reference to semi-arid regions in southern Africa. J-Grassl-Soc-South-Afr. Pretoria. Grassl-Soc-South-Afr. 7 (2): 371-380.
- Boos, D.D.; Brownie, C. 1995. ANOVA and rank tests when the number of treatments is large. Statist-Probabil-Lett. Amsterdam. North Holland Publ. Co. 23: 183-191.
- Börner, H. 1995. Unkrautbekämpfung. Jena; Stuttgart; New York, NY: Fischer. 315 S.

- Bornkessel, B. 1991. Senna-Ernte im Sari. Anbau und Bearbeitung von Tinnevelly-Senna in Indien. Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer. 131 (5): 171-174.
- Bosch, K. 2003. Statistik für Nichtstatistiker. Zufall und Wahrscheinlichkeit. 4. überarb. Aufl. München; Wien. Oldenbourg. 236 S.
- Bosch, O.J.; Kellner, K. 1991. The use of a degradation gradient for the ecological interpretation of condition assessments in the western grassland biome of southern Africa. J-Arid-Environ. London. Acad-Press. 21 (1): 21-29.
- Bot, A.; Benites, J. 2001. Conservation agriculture. Case studies in Latin America and Africa. Roma. FAO. FAO-Soil-Bull. 78.
- Botta, B.; Delle Monache, G. 1993. V. *Cassia didymobotrya* (wild senna): *In vitro* culture, biotransformation and production of secondary metabolites. in: Bajaj, Y.P. (ed.) Biotechnology in agriculture and forestry. vol. 21. pt. IV. Medicinal and aromatic plants. Berlin; Heidelberg; New York, NY: Springer: 64-86.
- Botta, B. *et al.* 1989. Cell suspension cultures of *Cassia didymobotrya*: Optimization of growth and secondary metabolite production by application of the orthogonal design method. J-Plant-Physiol. Jena. Urban & Fischer. 135 (3): 290-294.
- Botta, B. *et al.* 1996. Studies with plant cell cultures of *Cassia didymobotrya*: VII. Enzyme catalysed biotransformation of dibenzylbutanolides to podophyllotoxin analogues and related compounds. Heterocycles. Amsterdam. Elsevier. 43 (11): 2443-2456.
- Botton, H. 1957. Les plantes de couverture. Guide pratique de reconnaissance et d'utilisation des légumineuses en Côte d'Ivoire. J-Agric-Trop-Bot-Appl. Paris. Lab-Agron-Coloniale. Musée-Nation-Hist-Natur. 4: 553-615.
- Bourbouloux, A.; Fleurat-Lessard, P.; Roblin, G. 1994. Effects of jasmonic acid on motor cell physiology in *Mimosa pudica* L. and *Cassia fasciculata* Michx. Plant-Cell-Physiol. Kyoto. Japan-Soc-Plant-Physiologists. 35 (3): 389-396.
- Bourbouloux, A.; Roblin, G.; Fleurat-Lessard, P. 1992. Calcium involvement in the IAA-induced leaflet opening of *Cassia fasciculata*. J-Exp-Bot. Oxford. Oxford-Univ-Press. 43 (246): 63-71.
- Bourlière, F.; Hadley, M. 1983. Present-day savannas: An overview. in: Bourlière, F. (ed.) Tropical savannas. Ecosystems of the world. vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier: 1-17.
- Bourn, D.M. *et al.* 1994. Nigerian livestock resources survey. World-Anim-Rev. Quart-J-Anim-Health-Prod-Products. Roma. FAO. 78 (1): 49-58.
- Bourn, D.M.; Wint, W. 1994. Livestock, land use and agricultural intensification in sub-Saharan Africa. Network paper No. 37a. London. Overseas-Dev-Inst. 24 p.
- Boyette, C.D. 2000. Research Abstracts. in: IPMnet-News. iss. 75. on-line-publ. CICP. Consort-Int-Crop-Prot. <http://www.impnet.org>

- Bozsa, R.C.; Oliver, L.R.; Driver, T.L. 1989. Intraspecific and interspecific sicklepod (*Cassia obtusifolia*) interference. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 37 (5): 670-673.
- Braithwaite, R. 1996. Biodiversity and fire in the savanna landscape. in: Solbrig, O.T. *et al.* (eds.) Biodiversity and savanna ecosystem processes. Ecol-Studies 121. Berlin. Springer: 121-140.
- Brako, L.; Rossman, A.Y.; Farr, D.F. 1995. Scientific and common names of 7000 vascular plants in the United States. St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 295 p.
- Brand, R-B. 1985. Les hommes et les plantes. L'usage des plantes chez les Wéménou du Sud-Bénin. Curare. Sonderband. Zeitschr-Ethnomed-transkult-Psychiatrie. Braunschweig; Wiesbaden. Arbeits-Gemeinsch-Ethnomed. Viehweg & Sohn. 3/85: 257-275.
- Brandt, S. 1999. Datenanalyse. Mit statistischen Methoden und Computerprogrammen. 4. Aufl. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akadem. 646 S.
- Braun, H.; Frohne, D. 1987. Heilpflanzen-Lexikon für Ärzte und Apotheker. Anwendung, Wirkung und Toxikologie. 5. erw. Aufl. Stuttgart; New York, NY: Fischer. 315 S.
- Braun, K.P. *et al.* 2004. Swaziland flora checklist. South-Afr-Bot-Diversity-Network-Report. 27. Pretoria. Swaziland-Nation-Herbarium. Nation-Bot-Inst., South-Afr. 113 p.
- Breman, H. 1992. Desertification control, the West African case; Prevention is better than cure. Biotropica. New Orleans, LA: Assoc-Trop-Biol. 24 (2/B): 328-334.
- Brenan, J.P. 1958/59. New and noteworthy cassias from tropical Africa. Kew-Bull. London. Royal-Bot-Gardens. 13: 231-252.
- Brenan, J.P. 1960. New and noteworthy cassias from tropical Africa. II. Kew-Bull. London. Royal-Bot-Gardens. 14: 178-188.
- Brenan, J.P. 1967. *Leguminosae* (pt. 2). Subfamily *Caesalpinioideae*. in: Milne-Redhead, E.; Polhill, R.M. (eds.) Flora of tropical East Africa. Nairobi; London. Crown Agents for Oversea Government and Administrations. 230 p.
- Brenan, J.P. 1969. *Cassia burtii*, *Cassia thyrsoidea*, *Cassia afrofitula*. in: Taylor, G. (ed.) Hooker's-Icon-Plantarum. Kew. RBG. Royal-Bot-Gardens. Bentham-Moxon-Trust. ser. 5. vol. 7 (3): tt. 3658-3660.
- Brenan, J.P. 1970. *Angiospermae*. 61. *Leguminosae*. (*Mimosoideae*). in: Brenan, J.P. *et al.* (eds.) *Flora Zambesiaca. Flora terrarum Zambesii aquis conjunctarum* (Mozambique, Malawi, Zambia, Rhodesia, Botswana). vol. 3. pt. 1. London. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations. 153 p.
- Brener, A.G.; Silva, J.F. 1996. Leaf-cutter ants' (*Atta laevigata*) aid to the establishment success of *Tapirira velutinifolia* (*Anacardiaceae*) seedlings in a parkland savanna. J-Trop-Ecol. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 12 (1): 163-168.
- Bressani, R.; Elias, L.G. 1979. Improvement of the nutritional quality of food legumes. Food-Nutr-Bull. Boston, MA: United-Nation-Univ-Press. 1 (4): 42-56.



- Brévignon, C. 2005. Pièride Soumaké. en: Faune et flore des Antilles mer Caraïbe. Gwadeloup Natures. l'Association Grenn Sab. 1 p.
- Bridges, D.C. (ed.) 1992. Crop losses due to weeds in the United States – 1992. Champaign, IL: WSSA. 403 p.
- Bridges, D.C.; Grey, T.L.; Brecke, B.J. 2002. Pyriithiobac and bromoxynil combinations with MSMA for improved weed control in bromoxynil-resistant cotton. J-Cotton-Sci. Memphis, TN: Cotton-Foundation. 6 (1): 91-96.<sup>62</sup>
- Bridges, D.C.; Walker, R.H. 1985. Influence of weed management and cropping systems on sicklepod seed in the soil. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 33 (6): 800-804.
- Britton, N.L.; Millspaugh, C.F. 1962. The Bahama flora. Reprint. (1920) New York, NY: New York-Bot-Garden. Hafner Publ. Co. 695 p.
- Britton, N.L.; Wilson, P. 1924. Botany of Porto Rico and the Virgin Islands. Descriptive flora. Spermatophyta (continued). vol. V. pt. 3. in: NYAS. New-York-Acad-Sci. Scientific survey of Porto Rico and the Virgin Islands. New York, NY: 317-474.
- Bromilow, C. 2001. Problem plants of South Africa: A guide to the identification and control of more than 300 invasive plants and other weeds. Pretoria. Briza. 258 p.
- Brosius, F. 2002. SPSS 11. 1. Aufl. Bonn. mitp. 982 S.
- Broszinsky-Schwabe, E. 1988. Kultur in Schwarzafrika. Geschichte – Tradition – Umbruch – Identität. Köln. Pahl-Rugenstein. 356 S.
- Brown, S.L.; Curl, E.A. 1987. Rhizosphere effect of herbicide-stressed sicklepod (*Cassia obtusifolia*) on chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. Plant-Dis. St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 71 (10): 919-922.
- Brundrett, M.C. (ed.) 2000. Mycorrhiza. Melbourne, Vic: CSIRO. ACIAR. Austral-Centre-Int-Agric-Res. CSIRO-Forestry-Forest-Products. 124 p.
- Brunel, J.F.; Hiepko, P.; Scholz, H. (éd.) 1984. Flore analytique du Togo. Phanérogames. Eschborn. GTZ. Gesellsch-Techn-Zus-arbeit. 751 p.
- Brunk, K. 1998. Klima im südlichen Gongola-Becken, Nordost-Nigeria – Agrarmeteorologische Daten der Station Dadin Kowa. in: Brunk, K. *et al.* (Hrsg.) Beiträge zum Klima in der Sudanzone Westafrikas. Frankfurt a.M. Bericht-SFB-(Sonderforschungsbereich)-268. Bd. 10: 141-183.
- Brunt, A.A. *et al.* (eds.) 1996. Viruses of plants – Known susceptibilities of *Leguminosae*, *Caesalpinioideae*. Descriptions and list from the VIDE-database. Plant-Viruses-on-line. <http://www.image.fs.uidaho.edu>

<sup>62</sup> MSMA: Monosodium Methylarsonate [engl.]

- Brust, G.E.; House, G.J. 1988. Weed seed destruction by arthropods and rodents in low-input soybean agro-ecosystems. *Am-J-Alternative-Agric.* Greenbelt, MD: Inst-Alternative-Agric. 3 (1): 19-25.
- BSES. Bureau-Sugarcane-Exp-Stn. 2002. Sicklepod. Arsenic weed. Fact-Sheet. No. 96002. DowElcano. 2 p.
- Buchanan, K.M.; Pugh, J.C. 1962. Land and people in Nigeria. The human geography of Nigeria and its environmental background. repr. London. Univ-London-Press. 252 p.
- Buhl, S. 1998. Gender and production in FulBe households. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 111-126.
- Bühl, A.; Zöfel, P. 2000. SPSS 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 7. Aufl. München. Addison-Wesley. 734 S.
- Bühl, A.; Zöfel, P. 2005. SPSS 12. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 9. überarb. Aufl. München. Pearson Studium. 744 S.
- Burgos, N.R.; Talbert, R.E. 2000. Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedlings bioassays. *Weed-Sci.* Champaign, IL: WSSA. 48 (3): 302-310.
- Burkill, H.M. 1985-2000. The useful plants of West tropical Africa. Supplement to the flora of West tropical Africa. 2<sup>nd</sup> edn. vols. 1-5. Kew. Royal-Bot-Gardens. 4108 p.
- Burkill, H.M. 1995. The useful plants of West tropical Africa. Supplement to the flora of West tropical Africa. 2<sup>nd</sup> edn. vol. 3. Families J-L. Kew. Royal-Bot-Gardens. 857 p.
- Burleson, A.W. *et al.* 1998. Influence of moisture stress and temperature on sicklepod germination. *Proceed. Annual-Meeting.* Raleigh, NC: South-Weed-Sci-Soc. 51: 254-255.
- Burns, R.E. 1963. Methods of tannin analysis for forage crop evaluation. *Techn-Bull.* Athens, GA: Georgia-Agric-Exp-Station. 32: 14 p.
- Buser, H. 1966. Paleostructures of Nigeria and adjacent countries. in: Stille, H.; Lotze, F. (Hrsg.) *Geotektonische Forschungen.* Heft 24. Stuttgart. Schweizerbart-Verlagsbuchhandl. 90 S.
- Busson, F. 1965. Plantes alimentaires de l'Ouest Africain. Étude botanique, biologique et chimique. Marseille. Leconte. 568 p.
- Bycroft, B.W. *et al.* 1970. The structure and synthesis of Barakol: A novel dioxaphenalene derivative from *Cassia siamea*. *J-Chem-Soc. Sect-C-Organic-Chem.* London. Chem-Soc. 12: 1686-1689.
- Byrd, J. Jr; Broome, M. 2002. Forage – Weed control in pastures. MAFES. Mississippi-Agric-Forest-Exp-Station. MS-State-Univ-Ext-Service. Starkville, MS: Dept-Plant-Soil-Sci. 7 p.
- Cadet, P. *et al.* 2000. Recherche de méthodes de gestion des peuplements de nématodes phyto-parasites par les facteurs du sol en zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Étud-Gestion-Sols.* Ardon. Assoc-Franç-Étud-Sol. 7 (4): 261-270.

- Call, C.A.; Roundy, B.A. 1991. Perspectives and processes in revegetation of arid and semiarid rangelands. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 44 (6): 543-549.
- Cameron, A.G. 1996. Evaluation of tropical pasture species as leys in the semi-arid tropics of northern Australia. Austral-J-Exp-Agric. Collingwood. CSIRO. 36 (8): 929-935.
- Cameron, A.G.; Lemcke, D.G. 1996. Management of improved grasses on Northern Territory flood plains. Agnote. N° 671/E 17. Darwin, NT: 3 p.
- Cameron, C. 2001. Sleepy orange (*Eurema nicippe*) on sicklepod (*Senna obtusifolia*). Carolina Butterfly Society. No. 5: 4 p.
- Candolle de, A.P. 1825. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis, sive enumeratio contracta ordinum, generum, specierumque plantarum huc usque cognitarum, juxta methodi normas digesta*. tom. II. Paris. Reuttel & Würtz. 644 p.
- Cao, C. (ed.) 2001. Semen cassiae. on-line-publ. <http://www.nature-s-health.com>
- Campbell, K.L.; Hodgson, N.H.; Gill, M. (eds.) 1999. Livestock, environment and development toolbox. LEAD-Initiative. FAO. Roma. CD-ROM. ISBN 92-5-104445-7.
- Cardenas, J.; Reyes, C.E.; Doll, J.D. 1972. Sicklepod and coffee senna. in: Tropical weeds. vol. I. Bogotá. Inst-Colombiano-Agropec: 185-187.
- Cardina, J.; Littrell, R.H.; Stowell, L.J. 1987. Bioherbicide for Florida beggarweed. US-Dept-Agric-Pat. Washington, DC: (4,643,756) 1 p.
- Carlowitz von, P.G. 1986. Multipurpose tree and shrub seed directory. 1<sup>st</sup> edn. Nairobi. ICRAF. Int-Centre-Res-Agroforestry. GTZ. Gesellsch-Techn-Zus-arbeit. 265 p.
- Carnoy, A. 1959. Dictionnaire étymologique des noms grecs de plantes. Louvain. Publ-Univ. 277 p.
- Carr, G.D. 2003. *Caesalpiniaceae*. Honolulu, HI: Univ-Hawaii. Bot-Dept. 2 p.
- Carson, A.G.; Kunjo, E.M. 1991. Control of striga in the Gambia. in: Ransom, J.K. *et al.* (eds.) Proceed-5-Int-Sympos-Parasit-Weeds. Nairobi. Centro-Int-Mejoram-Maiz-Trigo: 486-493.
- Carvalho, G.; Gillet, H. 1960. Catalogue raisonné et commenté des plantes de l'Ennedi (Tchad septentrional). Le Mans. Office-Anti-Acridien. Impr-Monnoyer. 158 p.
- Cave, M.S. 1961. (ed.) Index to plant chromosome numbers for 1960. Chapel Hill, NC: Univ-North-Carolina-Press. 5 (2): 43-45.
- Cchabra, S.C.; Mahunnah, R.L.; Mshiu, E.N. 1987. Plants used in traditional medicine in eastern Tanzania. I. Pteridophytes and angiosperms (*Acanthaceae* to *Canellaceae*). J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 21 (3): 253-277.
- César, W.M. *et al.* 1998. Avaliação da composição químico-bromatológica da silagem de capim Elefante napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de mata-pasto (*Senna obtusifolia*, L.). Revista-Ciêñ-Rural. Brasília. URC. Univ-Região-Campanha. 3 (2): 37-44.

- Chakraborty, S.; Charudattan, R.; Valerio de, J.T. 1994. Reaction of selected accessions of forage *Cassia* spp. to some fungal pathogens. Trop-Grassl. St. Lucia. Trop-Grassl-Soc-Austral. 28 (1): 32-37.
- Chalk, P.M.; Smith, C.J. 1997. Estimating nitrogen transfer by foliar <sup>15</sup>N-labeling in legume-non-legume associations. Biol-Fertility-Soils. Berlin. Springer. 24 (2): 239-242.
- Chang, C.H. *et al.* 1996. Anti-inflammatory effects of emodin from *Ventilago leiocarpa*. Am-J-Chinese-Med. Chestnut Hill, MA: IRASM. Inst-Adv-Res-Asian-Sci-Med. 24 (2): 139-142.
- Cheers, G. (Hrsg.) 1997. Botanica. Das Abc der Pflanzen. Köln. Könnemann. 1007 S.
- Chidume, F.C. *et al.* 2002. Antinociceptive and smooth muscle contracting activities of the methanolic extract of *Cassia tora* leaf. J-Entopharmacol. Clare. Elsevier. 81 (2): 205-209.<sup>63</sup>
- Chimbe, C.M.; Galley, D.J. 1996. Evaluation of material from plants of medicinal importance in Malawi as protectants of stored grain against insects. Crop-Protection. Kidlington. Elsevier. 15 (3): 289-294.
- Chiovenda, E. 1929. Flora Somala. Roma. Sindicato-Ital-Arti-Grafiche. 339 p. 26 tt.
- Chiovenda, E. 1932. Flora Somala. II. Milano. Valbonesi. 482 p.
- Christian, I.; Wohlleber, B.; Opitz von Boberfeld, W. 1996. Die Flächentransekte: Eine Methode zur Beurteilung arider und semi-arider Weiden. J-Appl-Bot. Angew-Bot. Zeitschr-Verein-Angew-Bot. Berlin. Blackwell. 70 (3/4): 113-118.
- Christopher, M.S.; Mathavan, S. 1993. Role of a hymenopteran parasite and a bacterium in the regulation of a lepidopteran pest in tropical ecosystem. Insect-Sci-Appl. Nairobi. ICIPE. Int-Centre-Insect-Physiol-Ecol. Science Press. 14 (4): 477-482.
- Chupin, D. (ed.) 1994. Identification and characterization of West African Shorthorn cattle. World-Anim-Rev. Quart-J-Anim-Health-Prod-Products. Roma. FAO. 78 (1): 2-48.
- Clay, P.A.; Griffin, J.L. 2000. Weed seed production and seedling emergence responses to late-season glyphosate applications. Weed-Sci. Lawrence, KS: WSSA. 48 (4): 481-486.
- Clayton, W.D. 1963. The vegetation of Katsina Province, Nigeria. J-Ecol. Oxford. Brit-Ecol-Soc. Blackwell-Sci-Publ. 51: 345-351.
- Clayton, W.D. 1966. A key to Nigerian grasses. 2<sup>nd</sup> edn. Zaria. Samaru Res-Bull. No. 1. Ahmadu-Bello-Univ. Inst-Agric-Res. 74 p.
- Coates Palgrave, M. 2002. Trees of southern Africa. 3<sup>rd</sup> rev. and updated edn. Cape Town. Struik Publ. 1212 p.

<sup>63</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

- Cock, M.J.; Evans, H.C. 1984. Possibilities for biological control of *Cassia tora* and *Cassia obtusifolia*. Trop-Pest-Managem. Basingstoke. Centre-Overseas-Pest-Res. Taylor & Francis. 30 (4): 339-350.
- Codd, L.E. 1951. Trees and shrubs of the Kruger National Park. Pretoria. Bot-Survey-Memoir. No. 26. Dept-Agric. Division-Bot-Plant-Pathol. 192 p.
- Coetzee, J. *et al.* 1999. Structure and synthesis of butiniflavan-epicatechin and -epigallocatechin probutinidins. Phytochem. Oxford. Pergamon. 52 (4): 737-743.
- Coetzee, J. *et al.* 2000. Structure and synthesis of the first procassinidin dimers based on epicatechin, and gallo- and epigallocatechin. Phytochem. Oxford. Pergamon. 53 (7): 795-804.
- Cole, M.M. 1986. The savannas: Biogeography and geobotany. London; Orlando, FL: Acad-Press. 438 p.
- Cole, N.H. 1996. Diversity of medicinal plants in West African habitats. in: Maesen van der, L.J. *et al.* (eds.) The biodiversity of African plants. Proceed-XIV-AÉTFAT-Congr. Dordrecht. Kluwer: 704-713.
- Colladon, F. 1816. Histoire naturelle et médicale des casses, et particulièrement de la casse et des sénéés employés en médecine. Thèse-Méd. Montpellier. Martel. 140 p, 20 tt.
- Collier, F.S.; Dundas, J. 1937. The arid regions of northern Nigeria and the French Niger Colony. Empire-Forestry-J. London. Empire-Forestry-Assoc. 16 (2): 184-194.
- Coly, R. 1994. Enquête ethnomédicale vétérinaire au Sénégal. Métissages en santé animale de Madagascar à Haïti. Press-Univ-Namur: 153-156.
- Compton, R.H. 1976. Flora of Swaziland. in: Rycroft, H.B. (ed.) J-South-Afr-Bot. Suppl. vol. 11. Cape Town; Kirstenbosch. Trustees-Nation-Bot-Gardens-South-Afr. 684 p.
- Connelly, M.P. *et al.* 1996. Antimalarial activity in crude extracts of Malawian medicinal plants. Annals-Trop-Med-Parasitol. Abington. Carfax Publ. 90 (6): 597-602.
- Connick, W.J. Jr; Boyette, C.D.; McAlpine, J.R. 1991. Formulation of mycoherbicides using a pasta-like process. Biol-Control. Orlando, FL: Acad-Press. 1 (4): 281-287.
- Cook, C.W.; Stubbendieck, J. (eds.) 1986. Range research: Basic problems and techniques. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 317 p.
- Cook, G.D. 1994. The fate of nutrients during fires in a tropical savanna. Austral-J-Ecol. Oxford. Blackwell. 19 (4): 359-365.
- Corbeil, J-J. Father 1985. Cibemba bush medicines, Zambia. Curare. Sonderband. Zeitschr-Ethnomed-transkult-Psychiatrie. Braunschweig; Wiesbaden. Arbeits-Gemeinsch-Ethnomed. Viehweg & Sohn. 3/85: 313-324.
- Cordemoy de, E.J. 1972. Flore de l'Ile de la Réunion. (Phanérogames, Cryptogames vasculaires, Muscinées) en: Cramer, J.; Swann, H.K. (éd.) *Historiae Naturalis Classica*. tom. XCIV. Reprint (1895). Lehre; New York, NY: Wheldon & Wesley, Ltd. 574 p.

- Coughenour, M.B. *et al.* 1985. Energy extraction and use in a nomadic pastoral ecosystem. *Science*. Washington, DC: Am-Assoc-Adv-Sci. 230 (4726): 619-625.
- Cousens, R.D.; Mortimer, A.M. 1995. Dynamics of weed populations. Cambridge; New York, NY; Melbourne, Vic: Cambridge-Univ-Press. 332 p.
- Crawford, L.; Friedman, M. 1990. The effects of low levels of dietary toxic weed seeds (*Datura stramonium* and sicklepod, *Cassia obtusifolia*) on the relative size of rat liver and levels and function of cytochrome P-450. *Toxicol-Lett.* Amsterdam. Elsevier. 54 (2/3): 175-181.
- Crawford, L.; Kocan, R.M. 1993. Steroidal alkaloid toxicity to fish embryos. *Toxicol-Lett.* Amsterdam. Elsevier. 66 (2): 175-181.
- Crawford, L.; McDonald, G.M.; Friedman, M. 1990. Composition of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) toxic weed seeds. *J-Agric-Food-Chem.* Washington, DC: Am-Chem-Soc. 38 (12): 2169-75.
- Créac'h, P.V. 1949. Le problème des mois de disette au Moyen-Tchad: Les aliments végétaux de remplacement. *Dschang. Confér-Int-Afr-Alimentaire*: 291-295.
- Creel, J.M. Jr; Hoveland, C.S.; Buchanan, G.A. 1968. Germination, growth and ecology of sicklepod. *Weed-Sci.* Champaign, IL: WSSA. 16: 396-400.
- Cross, M. 1982. Last chance to save Africa's topsoil. *New-Scientist*. London. IPC Magazines. 99 (1368): 288-293.
- CTCA. Commiss-Techn-Co-op-Afr. 1964. Soils map of Africa – Scale 1 to 5000000. Lagos. Inter-african-Pedol-Serv. Joint-Project 11. Sheet 5.
- Culpepper, A.S. *et al.* 1997. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) management in an ALS-modified soybean (*Glycine max*). *Weed-Technol.* Lawrence, KS: WSSA. 11 (1): 164-170.
- Cumming, D.H. 1982. The influence of large herbivores on savanna structure in Africa. in: Huntley, B.J.; Walker, B.H. (eds.) *Ecology of tropical savannas*. *Ecol-Stud-Analys-Synth.* 42. Berlin; New York, NY: Springer: 217-245.
- Cunningham, A.B. 1993. African medicinal plants. Setting priorities at the interface between conservation and primary health care. Paris. UNESCO. People-Plants-Work-Paper 1. 50 p.
- Cunningham, D.C.; Walsh, K.B.; Anderson, E.R. 2001. Potential for seed gum production from *Cassia brewsteri*. Barton. Rural-Indust-Res-Dev-Corp. Project No. UCQ-12A. 73 p.
- Curran, W.S.; Lingenfelter, D.D. 2001. Weed management in pasture systems. Pennsylvania-State-Univ. University Park, PA: College-Agric-Sci. Agron-Facts 62. 15 p.
- Daas, P.J. *et al.* 2002. Toward the recognition of structure-function relationships in galactomannans. *J-Agric-Food-Chem.* Columbus, OH: Am-Chem-Soc. 50 (15): 4282-4289.
- Daeleman, J.; Pauwels, L. 1983. Notes d'enthobotanique Ntándu (Kongo). Principales plantes de la région de Kisántu: Noms Ntándu et noms scientifiques. *Annales. Musée-Royal-Centr-Afr. sér. in-8°*. Sc-Humain. Tervuren. *Africana Linguistica* IX. 110: 149-255.

- DAF. Dept-Agric-Forestry. 1996. Sierra Leone: Country report to the FAO international technical conference on plant genetic resources. Freetown; Leipzig. 39 p.
- Daigle, D.J.; Cotty, P.J. 1992. Production of conidia of *Alternaria cassiae* with alginate pellets. Biol-Control. Orlando, FL: Acad-Press. 2 (4): 278-281.
- Daiya, K.S.; Sharma, H.K.; Chawan, D.D. 1983. Effect of different moisture regimes on the growth of *Cassia* species. Folia-Geobot-Phytotaxon. Praha. Československá-Akad-Ved. Czech-Acad-Sci. 18 (2): 189-193.
- Dale, I.R.; Greenway, P.J. 1961. Kenya trees & shrubs. Published by the authority of the Government of the Colony and Protectorate of Kenya. Nairobi; London. Buchanan & Hatchards. 654 p.
- Dallmeyer, R.D.; Lécorché, J.P. (eds.) 1991. The West African orogens and the circum-Atlantic correlations. Berlin. Springer. Int-Geol-Correl-Progr. Project 233. UNESCO. 405 p.
- Dalziel, J.M. 1937. The useful plants of West tropical Africa. An appendix to the flora of West tropical Africa. 1<sup>st</sup> edn. London. Crown Agents for Oversea Government and Administrations. 612 p.
- Damron, B.L. 1998. Toxicity of weed seeds common to the south-eastern United States. A review. J-Appl-Poult-Res. Athens, GA: Appl-Poultry-Sci-Inc. 7 (1): 104-110.
- Dayan, F.E.; Weete, J.D.; Hancock, H.G. 1996. Physiological basis for differential sensitivity to sulfentrazone by sicklepod (*Senna obtusifolia*) and coffee senna (*Cassia occidentalis*). Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 44 (1): 12-17.
- Debelmas, A-M. *et al.* 1974. Les graines de *Cassia absus* L., nouvelle source de polyosides. Annales-Pharmaceut-Franç. Paris. Masson. Soc-Sc-Pharmacie-Province. 32 (5): 265-272.
- Debrot, E.A. 1974. *Cassia tora* L., huestped natural del virus del grabado del tabaco en Venezuela. Agron-Tropical. Maracay. Fondo-Nac-Inv-Agropec. 24 (1): 21-26.<sup>64</sup>
- Dehmlow, E.V.; Ree van, T.; Guntenhoner, M. 1998. 2,4-Trans-,7 4'-dihydroxy-4-methoxyflavan from *Cassia abbreviata*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 49 (6): 1805-1806.
- Delaveau, P. *et al.* 1979. Baguettes frotte-dents d'Afrique occidentale, tri chimique et microbiologique. Annales-Pharmaceut-Franç. Paris. Masson. Soc-Sc-Pharm-Prov. 37 (5-6): 185-190.
- Demski, J.W. 1979. The epidemiology of tobacco etch virus-infected *Cassia obtusifolia* in relation to pepper. Plant-Dis-Reporter. Beltsville, MD: Sci-Educ-Admin. USDA. 63 (8): 647-650.
- Depierre, D. *et al.* 1975. The role of the forester in land use planning in the Sahel. in: MAB. Man and the Biosphere. The Sahel: Ecological approaches to land use. Paris. UNESCO-Press. Techn-Notes.

<sup>64</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [COCK & EVANS 1984]

- Desanker, P.V.; Magadza, C.H. (eds.) 2001. Chapter 10 Africa. in: UNEP. United-Nation-Environ-Progr. WMO. World-Meteorol-Org. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. New York, NY; Genève. Contribution of working group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: 72 p.
- Desouter, S. 1991. Pharmacopée humaine et vétérinaire du Rwanda. Annales. Musée-Royal-Afr-Centr. Sc-Econ. Tervuren. vol. 22. 252 p.
- Devendra, C.; Burns, M. 1983. Goat production in the tropics. Slough. CAB. Techn-Commun-No. 19. 184 p.
- Devendra, C.; McLeroy, G.B. 1982. Goat and sheep production in the tropics. 1<sup>st</sup> edn. London. ITAS. Int-Trop-Agric-Series. Longman. 271 p.
- Devillers, M-A.; Schnell, R. 1953. Césalpiniées. *Cassia occidentalis* Linn. 1753 Dakar. IFAN. Inst-Franç-Afr-Noire. Icônes Plantarum Africanarum. Fasc. I, 7: 2 p.
- Devred, R.F. 1969. Agricultural research programmes on ecological basis – Basic principles and general measures for strengthening co-operation. in: FAO. Report on the FAO regional conference for the establishment of an agricultural research programme on ecological basis in Africa: Sudanian zone. pt. V. Annexes. D. Working documents. Roma. 1968. FAO. Dev-Inst-Serv-Branch: 15-22.
- Deweese, P.A. 1995. Trees on farms in Malawi. World-Dev. Kidlington. Pergamon. 23 (7): 1085-1102.
- DFS. Dir-Fed-Surveys. 1959a. Map of Nigeria. Mean annual rainfall, mean maximum temperature, mean minimum temperature. Lagos. Reprint. Print-Survey-Dept. Scale 1 : 3000000.
- DFS. Dir-Fed-Surveys. 1959b. Nigeria. Vegetation zones. Lagos. Reprint after Rosevear, D.R. Survey-Dept. Scale 1 : 3000000.
- d'Herbès, J.M.; Valentin, C. 1997. Land surface conditions of the Niamey region: Ecological and hydrological implications. J-Hydrol. Amsterdam. Elsevier. 188/189 (1/4): 18-42.
- D'Hoore, J.L. 1964. Soil map of Africa – Scale 1 to 5000000 – Explanatory monograph. Lagos. Joint-Project 11. CTCA. Commiss-Techn-Co-op-Afr. 205 p.
- Dicko, M.S.; Siken, L.K. 1992. Fodder trees and shrubs in range and farming systems in dry tropical Africa. in: Speedy, A.W.; Pugliese, P-L. (eds.) Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Roma. FAO-Anim-Prod-Health-Paper 102: 27-41.
- Diels, J. *et al.* 2001. Temporal variations in plant  $\delta^{13}\text{C}$  values and implications for using the  $^{13}\text{C}$  technique in long-term organic matter studies. Soil-Biol-Biochem. Oxford. Elsevier. 33 (9): 1245-1251.
- Dikko, A.U. *et al.* 1993. Water studies. Inventory of water sources and their qualities in Zamfara Grazing Reserve. Sokoto. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 16 p. (unpubl.)



- Diniz, M.A. *et al.* 1996. Medicinal uses of plants from Guinea-Bissau. in: Maesen van der, L.J. *et al.* (eds.) The biodiversity of African plants. Proceed-XIV-AÉTFAT-Congr. Dordrecht. Kluwer: 727-731.
- Dinklage, M. † 1937. Verzeichnis der Flora von Liberia. bearb. Mildbraed, J. Repert-Spec-Nov-Regn-Veget. Berlin-Dahlem. Selbstverlag. 41 (14-25): 235-271.
- Dirar, H.A. 1984. Kawal, meat substitute from fermented *Cassia obtusifolia* leaves. Econ-Bot. New York, NY: Soc-Econ-Bot. NY-Bot-Garden. 38 (3): 342-349.
- Dirar, H.A.; Harper, D.B.; Collins, M.A. 1985. Biochemical and microbiological studies on kawal, a meat substitute derived by fermentation of *Cassia obtusifolia* leaves. J-Sci-Food-Agric. Oxford. Blackwell. 36 (9): 881-892.
- Dirar, H.A. 1994. Commentary – The fermented foods of the Sudan. Ecol-Food-Nutr. Reading. Gordon & Breach-Sci-Publ. 32 (3/4): 207-218.
- Dittler, R. *et al.* 1933. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. 2. (Blü-Dut) 2. Aufl. Jena. Fischer. 1172 S.
- Djoudi, H.; Hoffmann, I.; Steinbach, J. 2000. Identifizierung pastoraler Systeme mittels partizipativer Methoden im Mittleren Atlas Marokkos. Deutscher Tropentag 2000. Stuttgart-Hohenheim. Session: Farming systems and resource use. 11 S.
- Dobbs, K.A. 1959a. Some birds of Sokoto, northern Nigeria, with brief notes on their status. (1) Nigerian-Field. J-Nigerian-Field-Soc. London. Arthurs Press, Ltd. 24 (3): 102-119.
- Dobbs, K.A. 1959b. Some birds of Sokoto, northern Nigeria, with brief notes on their status. (2) Nigerian-Field. J-Nigerian-Field-Soc. London. Arthurs Press, Ltd. 24 (4): 185-192.
- Dodd, J.L. 1994. Desertification and degradation in sub-Saharan Africa. The role of livestock. Bioscience. Washington, DC: Am-Inst-Biol-Sci. 44 (1): 28-34.
- Doignon-Bourcier, F. *et al.* 1999. Diversity of bradyrhizobia from 27 tropical *Leguminosae* species native of Senegal. Syst-Appl-Microbiol. Jena. Urban-Fischer. 22 (4): 647-661.
- Doignon-Bourcier, F. *et al.* 2000. Genotypic characterization of *Bradyrhizobium* strains nodulating small senegalese legumes by 16S-23S rRNA intergenic gene spacers and amplified fragment length polymorphism fingerprint analyses. Appl-Environ-Microbiol. Washington, DC: Am-Soc-Microbiol. 66 (9): 3987-3997.
- Donnelly, G. *et al.* 2000. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) biocontrol. in: PMR. Pest-Managem-Res. 1999-2000 Technical highlights. Annual report on weed and pest animal research. Sci-Publ. Coorparoo, Qld: 38-39.
- DPL. Derwent-Publ-Ltd. 1990. Thesaurus of agricultural organisms. Pests, weeds and diseases vol. 1. London. Chapman & Hall. 802 p.

- Dregne, Kh.E. 1992. [Vosstanovlenie degradirovannykh aridnykh territoriy: Vozmozhnosti i vybor. Probl-Osvoen-Pust. Nauchno-Teoret-Zhurnal. Ashgabad. Ylym. Akadem-Nauk-Turkmen.] (1992) 3: 22-27. (russ.)<sup>65</sup>
- Duarte, M.C.; Gomes, I.; Moreira, I. 1999. Ilha de Santiago (Cabo Verde) – Notas florísticas e fitogeográficas. Garcia-de-Orta. Serie-Botân. Lisboa. Junta-Invest-Ultram. 14 (1): 107-113.
- Dube, V.P. *et al.* 1978. The occurrence of *Pseudocercospora nigricans* on *Cassia obtusifolia* in India. Current-Sci. Bangalore. Current-Sci-Assoc. 47 (23): 913.
- Dudeck, E. 1987. Ökologischer Landbau im Sahel. Partnerschaftsprojekt Burkina Faso. Berlin. Deutsche Welthungerhilfe. DED. Deutsch-Entw-Dienst. 22 S.
- Dulberger, R.; Smith, M.B.; Bawa, K.S. 1994. The stigmatic orifice in *Cassia*, *Senna*, and *Chamaecrista* (*Caesalpiniaceae*): morphological variation, function during pollination, and possible adaptive significance. Am-J-Bot. Columbus, OH: Bot-Soc-Am. 81 (11): 1390-1396.
- Dunlop, E.A.; Wilson, J.C.; Mackey, A.P. 2006. The potential distribution of the invasive weed *Senna obtusifolia* in Australia. Weed-Res. Oxford. Eur-Weed-Res-Soc. Blackwell. 46 (5): 404-413.
- Duponnois, R. *et al.* 2001. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. Appl-Soil-Ecol. Amsterdam. Elsevier. 17 (3): 239-251.
- Dwivedi, G.K.; Kanodia, K.C.; Sinha, N.C. 1991. Significance of intercropped range legumes in N economy, biomass potential and protein enrichment of *Chrysopogon fulvus*. Trop-Agric. London. Butterworth-Heinemann. 68 (3): 255-258.
- Dyer, R.A. 1975. Flora of southern Africa. The genera of southern African flowering plants. vol. 1. Dicotyledons. Pretoria. Dept-Agric-Techn-Services. 756 p.
- Dyksterhuis, E.J. 1949. Condition and management of range land based on quantitative ecology. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 2 (3): 104-115.
- Eastin, E.F. 1981. Sicklepod (*Cassia obtusifolia*) germination as influenced by seed treatment and temperature. Texas-Agric-Exp-Stn. Beaumont, TX: (MP-1481) 7 p.
- EB. Encyclopædia Britannica. 1962. A survey of universal knowledge. vol. 5. (Cas-Col) Chicago, IL; London; Toronto, ON: Hazell Watson & Viney Ltd. 949 p.
- Eckert, B.; Hoffmann, I. 1998. Statutory vs. customary land allocation: Implications on land tenure and resource management in the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 169-178.
- Eckert, B.; Küppers, K.; Hoffmann, I. 1998. Indigenous trees as an important resource in rural life: The case of the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 228-237.

<sup>65</sup> Umschrift lt. BGN/PCGN (Board-Geogr-Names, Permanent-Committee-Geogr-Names)

- Edenfield, M.W. *et al.* 2001. Weed management in peanut (*Arachis hypogaea*) with Pyridate and SAN 582 systems. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 15 (1): 13-18.
- Eggeling, W.J. 1951. The indigenous trees of the Uganda Protectorate. rev. and enlarged by Dale, I.R. London. Crown-Agents-Oversea-Gov. 491 p.
- Eggers, T.; Heidler, G. 1986. Weed growth stages. Plant-Res-Dev. Tübingen. Inst-Sci-Cooperation. 24: 57-69.
- Egli, A.; Kalinganire, A. 1988. Les arbres et arbustes agroforestiers au Rwanda. Butare. Inst-Sc-Agron-Rwanda. 184 p.
- Ehwald, E. 1989. 8.6 Wichtige Böden anderer Gebiete. in: Müller, G. *et al.* Bodenkunde. (Pflanzenproduktion) Berlin. VEB-(Volkseig-Betrieb)-DLV. Deutsch-Landwirtsch-verlag: 329-334.
- Eitel, B. 2001. Bodengeographie. in: Duttmann, R. *et al.* (Hrsg.) Das Geographische Seminar. 2. Aufl. Braunschweig. Westermann. 244 S.
- Elfaki, A.E. *et al.* 1991. Biochemical and microbiological investigations of sigda: A Sudanese fermented food derived from sesame oilseed cake. J-Sci-Food-Agric. Essex. Elsevier. 57 (3): 351-365.
- El Hadj, M.B. *et al.* 2005. Dry season feed supplements: The potential role of *Cassia tora*. in: Moore, K.M. (ed.) Conflict, social capital and managing natural resources: A West African case study. Wallingford. CABI Publ. (A division of CAB-Int.): 195-209.<sup>66</sup>
- Ellis, J.E.; Coughenour, M.B.; Swift, D.M. 1993. Climate variability, ecosystem stability, and the implications for range and livestock development. in: Behnke, R.H.; Scoones, I.; Kerven, C. (eds.) Range ecology at disequilibrium. London. Overseas-Dev-Inst: 31-41.
- Ellis, J.E.; Swift, D.M. 1988. Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 41 (6): 450-459.
- Ellis, J.M.; Shaw, D.R.; Barrentine, W.L. 1998. Herbicide combinations for preharvest weed desiccation in early maturing soybean (*Glycine max*). Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 12 (1): 157-165.
- El Sayed, N.H. *et al.* 1992. Flavonoids of *Cassia italica*. Phytochem. Oxford. Pergamon Press. 31 (6): 2187.
- El-Sayed, N.Y. *et al.* 1983. The toxicity of *Cassia senna* to Nubian goats. Tijdschr-Diergeneeskunde. Utrecht. Nederl-Maatschapp-Diergeneeskunde. 108 (8): 80-85.
- Elsholz, C. 1996a. Pflanzenartenliste für das Zamfara Reservat – Zusammengestellt aus den Untersuchungen von Bielfeldt (1993) und Awodola *et al.* (1993). Giessen. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 11 S. (unveröffentl.)

---

<sup>66</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

- Elsholz, C. 1996b. Studies on structure and botanical composition of the vegetation in Zamfara Reserve. Giessen. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 53 p. (unpubl.)
- El-Tahir, A.; Satti, G.M.; Khalid, S.A. 1999. Antiplasmodial activity of selected Sudanese medicinal plants with emphasis on *Acacia nilotica*. *Phytother-Res. Sussex. Wiley.* 13 (6): 474-478.
- Elujoba, A.A.; Abere, A.T.; Adelusi, S.A. 1999. Laxative activities of *Cassia* pods sourced from Nigeria. *Nigerian-J-Natur-Prod-Med. Ile Ife. Nigerian-Soc-Pharmacogn.* 3: 51-53.
- Elujoba, A.A. *et al.* 1994. The pharmacognosy and dosage formulation of *Cassia podocarpa* leaf with reference to senna. *J-Pharm-Sci-Pharm-Pract. Lagos. School-Pharmacy. Univ-Lagos.* 2 (1-2): 14-18.
- Elujoba, A.A.; Iweibo, G.O. 1988. *Cassia podocarpa* as substitute for official senna. *Planta-Med. J-Med-Plant-Res. Stuttgart. Thieme.* 54 (4): 372.
- Emms, C.; Barnett, L.K. 2006. Fungi and plants. in: *Gambian biodiversity: A provisional checklist of all species recorded within The Gambia, West Africa.* pt. 3. Serrakunda; Warwick. Makasutu Wildlife Trust. Darwin-Initiative: 91-124.
- Engler, A.H. 1915. Charakterpflanzen Afrikas. Die Familien der afrikanischen Pflanzenwelt und ihre Bedeutung in derselben. Bd. III, Heft I. in: Engler, A.H.; Drude, O. (Hrsg.) *Die Vegetation der Erde IX. Die Pflanzenwelt Afrikas insbesondere seiner tropischen Gebiete.* Leipzig. Engelmann. 869 S.
- Engler, A.H. 1925. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Afrika und die Charakterpflanzen Afrikas. Bd. V, Heft I. in: Engler, A.H.; Drude, O. (Hrsg.) *Die Vegetation der Erde IX. Die Pflanzenwelt Afrikas insbesondere seiner tropischen Gebiete.* Leipzig. Engelmann. 341 S.
- Engler, A.H. 1964. Syllabus der Pflanzenfamilien mit besonderer Berücksichtigung der Nutzpflanzen nebst einer Übersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde. Bd. II. Angiospermen. Übersicht über die Florengebiete der Erde. 12. völlig neugest. Aufl. Berlin. Borntraeger. 666 S.
- Epstein, H. 1971. *The origin of the domestic animals of Africa* vol. I. New York, NY; London; München. Africana Publ. Co. 573 p.
- Erhardt, W. *et al.* 2000. *Zander – Handwörterbuch der Pflanzennamen.* 16. Aufl. Stuttgart. Ulmer. 990 S.
- Ersch, J.S.; Gruber, J.G. (Hrsg.) 1970. *Allgemeine Enzyklopädie der Wissenschaften und Künste.* Teil 14. (Bul-Cal) 1. Sektion. (A-G) Nachdruck. Graz. Akadem. 183 S.
- Esteves, M.A.; Andrade de, V.M.; Durigan, J.C. 1990. Efeitos de herbicidas, aplicados em pós-emergência, sobre a morfologia externa e interna de *Cassia tora* L. (fedegoso), em diferentes estádios de crescimento. *Científica. São Paulo. Univ-Estadual-Paulista.* 18 (2): 1-14.<sup>67</sup>

<sup>67</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

- Etèka, A.C. *et al.* (eds.) 1998. CIEPCA-(Centre-Inform-Echang-Plant-Couver-Afrique)-Newsletter. No. 1. CIEPCA. Cotonou.
- Etkin, N.L. 1981. A Hausa herbal pharmacopoeia: Biomedical evaluation of commonly used plant medicines. *J-Ethnopharmacol.* Clare. Elsevier. 4 (1): 75-98.
- Everest, J.W.; Powe, T.A. Jr; Freeman, J.D. 2000. Poisonous plants of the south-eastern United States. Revised reprint of the 1<sup>st</sup> edn. Kates, A.H. *et al.* 1974. Univ-Tennessee: 16-17.
- Fairhead, J.; Leach, M. 1996. Misreading the African landscape: Society and ecology in a forest-savanna mosaic. African studies series 90. Cambridge; New York, NY: Cambridge-Univ-Press. 354 p.
- Faik-Nzuji, C. 2003. Afrika. Mensch, Natur und Kunst. Düsseldorf; Zürich. Patmos/Albatros. (deutsche Sonderausgabe) 181 S.
- Falconer, J.; Arnold, M.J. 1988. Forests, trees and household security. RDFN-(Rural-Dev-Forestry-Network)-Paper 7a. London. Overseas-Dev-Inst. 27 p.
- Falkenhorst, C. 2003. Die Fellatareiche. in: Schwarze Fürsten. Bilder aus der Geschichte des dunklen Weltteils. 1. Teil. Fürsten des Sudan. Lizenzausg. Wiesbaden. Fourier: 159-205.
- FAO. 1969. Report on the FAO regional conference for the establishment of an agricultural research programme on ecological basis in Africa: Sudanian zone. pt. I-IV. Roma. FAO. Dev-Inst-Serv-Branch. Rural-Inst-Division. 34 p.
- FAO. 1973. Soil map of the world. Paris. UNESCO. Sheet VI-1: West Africa. Scale 1 : 500000.
- FAO. 1989. Soil map of the world – Revised legend. Technical paper 20. Wageningen. ISRIC. Int-Soil-Reference-Inform-Centre. UNESCO. Reprint of world soil resources report 60: 41-63.
- Farnsworth, E.J.; Bazzaz, F.A. 1995. Inter- and intra-generic differences in growth, reproduction, and fitness of nine herbaceous annual species grown in elevated CO<sub>2</sub> environments. *Oecologia.* Berlin. Springer. 104 (4): 454-466.
- Fatubarin, A. 1993. Tropical ecology. Higher-Educ-Handbook-Series. Ilesa. Ogunbule Graphic Enterprises. 112 p.
- Fedele, P. (fond.) 1967. Grande dizionario enciclopedico utet. vol. IV. (Car-Cle) Torino. Unione Tipografico-Editrice Torinese. 874 p.
- Federov, A.A. (ed.) 1974. Chromosome numbers of flowering plants. Reprint. Koenigstein. Koeltz-Sci-Publ. 926 p.
- Felsmann, M.; Semsek, H.G.; Pietrusky, U. 1994. Afrika – Nordwest. Länderlexikon und Register. München; Berlin. Bertelsmann. Hentrich. New World Edition. 21 S. Karte. (Geo Data: 1995/96) Maßstab 1 : 4000000.
- Fernandez de la Pradilla, C. 1985. Des plantes qui nous ont guéris jeunesse d’Afrique. tom. 2. Ouagadougou. 101 p.

- FitzPatrick, E.A. 1986. An introduction to soil science. 2<sup>nd</sup> ed. Essex. Longman-Sci-Tech. 255 p.
- Flint, E.P. *et al.* 1984. Temperature effects on growth and leaf production in three weed species. *Weed-Sci.* Champaign, IL: WSSA. 32 (5): 655-663.
- Flory, W. *et al.* 1992. The toxicological investigation of a feed grain contaminated with seed of the plant species *Cassia*. *J-Vet-Diagn-Invest.* Lawrence, KS: Am-Assoc-Vet-Lab-Diagn. 4 (1): 65-69.
- Flunker, L.K.; Damron, B.L.; Sundlof, S.F. 1989. Response of White Leghorn hens to various dietary levels of *Cassia obtusifolia* and nutrient fortification as a means of alleviating depressed performance. *Poult-Sci.* Champaign, IL: Poultry-Sci-Assoc. 68 (7): 909-913.
- Fölster, H. 1983. Bodenkunde – Westafrika (Nigeria, Kamerun). *Afrika-Kartenwerk.* Serie W. Beiheft 4. Berlin; Stuttgart. Borntraeger. 101 S.
- Fondoun, J.M. 2001. Situation des ressources génétiques forestières du Nord Cameroun. Yaoundé. IRAD. Inst-Rech-Agric-Dév. FAO. Documents de travail sur les ressources génétiques forestières-15.
- Forskål, P. 1775. *Flora Aegyptiaco-Arabica. Sive descriptiones plantarum, quas per Aegyptio inferiorem et Arabiam felicem detexit.* Post mortem auct. ed. C. Niebuhr. København. Möller; Heineck & Faber. 219 p.
- Fournier, A.; Planchon, O. 1998. Link of vegetation with soil at a few metre-scale: Herbaceous floristic composition and infiltrability in a Sudanian fallowland. *Acta-Œcol.* Paris. Elsevier. 19 (3): 215-226.
- Fox, F.W.; Norwood Young, M.E. 1983. Food from the veld. Edible wild plants of southern Africa. repr. edn. Johannesburg. South-Afr-Inst-Med-Res. Delta books. 400 p.
- Frahm-Leliveld, J.A. 1960. Chromosome numbers in leguminous plants. *Acta-Bot-Neerlandica.* Amsterdam. Koninkl-Nederl-Bot-Verenig. North-Holland Publ. Co. 9 (3): 327-329.
- Frankenberg, P.; Klaus, D. 1980. Atlas der Pflanzenwelt des Nordafrikanischen Trockenraumes. Computerkarten wesentlicher Pflanzenarten und Pflanzenfamilien. Bonn. Arbeit-Geogr-Inst-Univ-Bonn. Reihe A. Nr. 133. 474 Karten.
- Franz, G. 1993. The senna drug and its chemistry. *Pharmacol.* Basel. Karger. 47 (S1): 2-6.
- Fratkin, E. 1997. Pastoralism: Governance and development issues. *Annual-Rev-Anthropol.* Palo Alto, CA: Annual-Rev-Inc. 26 (1): 235-261.
- Frazee, J.E.; Marquis, R.J. 1994. Environmental contribution to floral trait variation in *Chamaecrista fasciculata*. *Am-J-Bot.* Columbus, OH: Bot-Soc-Am. 81 (2): 206-215.
- Freedman, R.L. 1998. *Fabaceae.* in: *Famine foods – A list of unconventional food sources.* Orinda, CA: Famine-Food-Data-Base. 12 p.
- Friedel, M.H. 1991. Range condition assessment and the concepts of thresholds. A viewpoint. *J-Range-Managem.* Denver, CO: Soc-Range-Managem. 44 (5): 422-426.

- Frisk, H. 1960. Griechisches etymologisches Wörterbuch. Bd. I. (A-Ko) Indogermanische Bibliothek. II. Reihe – Wörterbücher. Heidelberg. Winter. 938 S.
- Friedman, M.; Henika, P.R. 1991. Mutagenicity of toxic weed seeds in the Ames test: Jimson weed (*Datura stramonium*), velvetleaf (*Abutilon theophrasti*), morning glory (*Ipomoea* spp.), and sicklepod (*Cassia obtusifolia*). J-Agric-Food-Chem. Washington, DC: Am-Chem-Soc. 39 (3): 494-501.
- Frohne, D.; Jensen, U. 1998. Systematik des Pflanzenreichs unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale und pflanzlicher Drogen. 5. Aufl. Stuttgart. Wiss-Verlagsgesellsch. 371 S.
- Frost, P.G. 1985. The response of savanna organisms to fire. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) Ecology and management of the world's savannas. Canberra. CAB: 232-237.
- FSD. Fed-Survey-Dept. 1958. Nigeria. Provisional map of vegetation zones. Lagos. Reprint.
- FS. Fed-Surveys. 1959. General map of Nigeria. Forest reserves in the northern Region. Overprint. Lagos. # 1000/341/9-59. Scale 1 : 3000000.
- FS. Fed-Surveys. 1961. Provisional soil map of Nigeria (simplified) 1952. Reprint. Lagos. Fed-Surveys-Nigeria. Miscell-No. 6. # 250/111/1-61.
- Fuchs, D. 1993. Pharmazeutisches Recht. Kommission E: Aufbereitungsmonographien. Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer. 133 (30): 2793-2795.
- Fungameza, D.B. 1991. Agroforestry and ecofarming practices for soil conservation in Kigoma, Tanzania. Göttingen-Beitr-Land-Forstwirtschaft-Trop-Subtrop. Heft 63. Goltze. 264 S.
- Fuls, E.R. 1992. A technique for objective habitat condition assessment in rangelands. J-Arid-Environ. London. Acad-Press. 22 (2): 195-198.
- Fuzellier, M.C.; Mortier, F.; Lectard, P. 1982. Activité antifongique de *Cassia alata* Linn. Annales-Pharmaceut-Franç. Paris. Soc-Sci-Pharmacie-Province. Masson. Acad-Pharm. 40 (4): 357-363.
- Gachengo, C.N. *et al.* 1998. Tithonia and senna green manures and inorganic fertilizers as P-sources for maize in western Kenya. Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 44 (1): 21-36.
- Gadaga, T.H. *et al.* 1999. A review of traditional fermented foods and beverages of Zimbabwe. Int-J-Food-Microbiol. Amsterdam. Elsevier. 53 (1): 1-11.
- Gaillochet, J. 1978. Mouvements nycthémeraux foliaires chez le *Cassia fasciculata* inversé dans le champ de la pesanteur. Physiol-Plantarum. Munksgaard. Soc-Physiol-Plant-Scand. 43 (3): 247-253.
- Galler, J. 1989. Grünland-Verunkrautung. Ursachen, Vorbeugung, Bekämpfung. Graz; Stuttgart. Praxisbuch – Pflanzenbau. Stocker. 176 S.

- Ganaba, S.; Guinko, S. 1995. Etat actuel et dynamique du peuplement ligneux de la région de la Mare d'Oursi (Burkina Faso). en: Wittig, R.; Guinko, S. (éd.) Etudes sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants. tom. II. Frankfurt a.M.; Ouagadougou. Natur-Wiss: 3-14.
- Ganssen, R. 1957. Bodengeographie mit besonderer Berücksichtigung der Böden Mitteleuropas. Stuttgart. Koehler. 219 S.
- Ganssen, R. 1965. Grundsätze der Bodenbildung. Ein Beitrag zur theoretischen Bodenkunde. Mannheim. Bibliogr.-Inst. BI-327. Hochschultaschenbücher. 135 S.
- Ganssen, R. 1968. Trockengebiete. Böden, Bodennutzung, -kultivierung, -gefährdung. Mannheim. Bibliogr.-Inst. BI-354. Hochschultaschenbücher. 186 S.
- Ganssen, R.; Hädrich, F. 1965. Atlas zur Bodenkunde. Meyers Großer Physischer Weltatlas. Teil 1. Mannheim. Bibliogr.-Inst. 85 S.
- Gatenby, R.M. 1986. Sheep production in the tropics and sub-tropics. London; New York, NY: Tropical-Agric-Series. Longman Inc. 351 p.
- Gaur, Y. 1980. Nodulation studies in species of genus *Cassia*. Zentralblatt-Bakt-Paras-Inform-Hygiene. Abt-2. Jena. Fischer. 135: 201-204.
- Gbuyiro, S. *et al.* 2001. Climate and water resources management. in: People and systems for water, sanitation and health. Lusaka. 27-WEDC-(Water-Engineer-Dev-Centre)-Conf: 110-113.
- Gefu, J.O. 1994. An assessment of the socio-economic characteristics and resource dynamics of the Zamfara Grazing Reserve, Sokoto State, Nigeria. Research Proposal. Zaria. (unpubl.)
- Genaust, H. 1996. Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. 3. Aufl. Basel. Birkhäuser. 701 S.
- Gerosa, G. 1990. Afrika. Frankfurt a.M. Umschau. Breidenstein. (deutsche Ausgabe) 176 S.
- Gerowitt, B. 2002. Interaktionen zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern. in: Zwerger, P.; Ammon, H.U. (Hrsg.) Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Stuttgart. Ulmer. Verlag-Union-Agrar. 79-104.
- Ghani, A. *et al.* 1996. Interactions between <sup>14</sup>C-labelled atrazine and the soil microbial biomass in relation to herbicide degradation. Biol-Fertility-Soils. Berlin. Springer. 21 (1/2): 17-22.
- Ghazanfar, S.A. 1989. Savanna plants of Africa: An illustrated guide. London. Macmillan. 227 p.
- Gil, J.L.; Guenni, O.; Espinoza, Y. 1997. Biological N<sub>2</sub>-fixation by three tropical forage legumes and its transfer to *Brachiaria humidicola* in mixed swards. Soil-Biol-Biochem. Oxford. Elsevier. Pergamon. 29 (5/6): 999-1004.
- Gill, L.S.; Akinwunmi, C. 1986. Nigerian folk medicine practices and beliefs of the Ondo people. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 18 (3): 257-266.



- Gill, L.S.; Husaini, S.W. 1981. Cytomorphological investigations of some species of the genus *Cassia* L. in Nigeria. Bull-Muséum-National-Hist-Naturelle. Paris. 4<sup>e</sup> sér. section B. Adansonia. Botanique, Phytochimie. Mus-Nation-Hist-Natur. 3 (4): 461-472.
- Giller, K.E. 2001. Agroforestry: N<sub>2</sub>-fixing trees in integrated agriculture. in: Giller, K.E. (ed.) Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2<sup>nd</sup> edn. Wallingford. CAB-Int: 230.
- Gilles, J.L.; Jamtgaard, K. 1981. Overgrazing in pastoral areas. The commons reconsidered. Sociol-Ruralis. Assen. Van Gorcum. 21 (2): 129-141.
- Gillon, D. 1983. The fire problem in tropical savannas. in: Bourlière, F. (ed.) Tropical savannas. Ecosystems of the world. vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier: 617-641.
- Giri, A.; Narasu, L.M. 2000. Transgenic hairy roots: recent trends and applications. Biotechnol-Adv. Oxford. Pergamon Press. 18: 1-22.
- Girma, H.; Rao, M.R.; Sithanantham, S. 2000. Insect pests and beneficial arthropod populations under different hedgerow intercropping systems in semiarid Kenya. Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 50 (3): 279-292.
- Githens, T.S. 1949. Drug plants of Africa. African handbooks. vol. 8. Philadelphia, PA: Univ-Pennsylv-Press. 125 p.
- Glatzle, A. 1990. Weidewirtschaft in den Tropen und Subtropen. Stuttgart. Ulmer. 258 S.
- Gleason, H.A.; Cronquist, A. 1963. Manual of vascular plants of north-eastern United States and adjacent Canada. Princeton, NJ: Nostrand-Co., Inc. 810 p.
- Glen, H.F. 2003a. *Cassia* L. emend. Gaertn. in: Germishuizen, G.; Meyer, N.L. (eds.) Plants of southern Africa: An annotated checklist. Pretoria. Strelitzia. 14. Nation-Bot-Garden: 497.
- Glen, H.F. 2003b. *Chamaecrista* Moench. in: Germishuizen, G.; Meyer, N.L. (eds.) Plants of southern Africa: An annotated checklist. Pretoria. Strelitzia. 14. Nation-Bot-Garden: 498-499.
- Glen, H.F. 2003c. *Senna* Mill. in: Germishuizen, G.; Meyer, N.L. (eds.) Plants of southern Africa: An annotated checklist. Pretoria. Strelitzia. 14. Nation-Bot-Garden: 548-549.
- Glover, P.E. 1947. A provisional check-list of British and Italian Somaliland. (including the reserved areas adjacent to Abyssinia) vol. 1. Trees, shrubs and herbs. London. Publ. on behalf of the Govt. of Somaliland by the Crown Agents for the Colonies. 446 p.
- GNL. Geomatics-Nigeria Ltd. 2000. Vegetation and land use analysis. Ibadan. FORMECU™. 3 p.
- Goddard, R.J.; Pannell, D.J.; Hertzler, G. 1996. Economic evaluation of strategies for management of herbicide resistance. Agric-Syst. Oxford. Elsevier. 51 (3): 281-298.
- Göhl, B.I. 1981. Tropical feeds. Feed information summaries and nutritive values. Roma. FAO. Animal-Prod-Health-Series 12. 529 p.
- Gombert, L.L.; Hamilton, S.L.; Coe, M. 2001. Butterfly gardening. Agric-Ext-Serv. Univ-Tennessee. Dept-Ornamental-Hortic-Landscape-Design. PB 1636. 16 p.

- Good, R. 1964. The geography of the flowering plants. 3<sup>rd</sup> edn. London; Colchester. Longmans Green & Co. Ltd. 518 p.
- Gooding, E.B.; Loveless, A.R.; Proctor, G.R. 1965. Flora of Barbados. London. Minist-Overseas-Dev. Overseas-Res-Progr-No. 7. Her Majesty's Stationary Office. 486 p.
- Goossens, V. 1924. Catalogue des plantes du jardin botanique d'Eala (Congo Belge). Bruxelles. Ministère-Colon-Direction-Agric. Imprim-Indust-Financ. 179 p.
- Gordon, R. 1988. Afrika – Im Banne eines Kontinents. London. New Holland Ltd. 280 S.
- Gordon-Gray, K.D. 1977. *Cassia*. in: Ross, J.H. (ed.) Flora of southern Africa which deals with the territories of the Republic of South Africa, Lesotho, Swaziland and South West Africa. vol. 16. pt 2. Pretoria. Bot-Res-Inst. Govt-Print: 69-108.
- Gordon-Gray, K.D.; Schorn, D.P. 1975. Studies in the genus *Cassia* in South Africa: 1. Taxonomic notes on species of the sub-genus *Lasiorhema*, section *Chamaechrista*. J-South-Afr-Bot. Pretoria. Nation-Bot-Inst. South-Afr-Assoc-Bot. Bureau-Sci-Publ. 41 (3): 133-162.
- Goryaev, M.I.; Evdakova, N.A. 1977. [Sprawozchnik po gazoshidkostnoy khromatografii organicheskikh kislot. Izd.'Nauka' Kazakhskoy-Sotsial-Sovet-Resp.] Alma Ata. Rev. No. 549. (russ.)<sup>68</sup>
- Gossen, H. 1954. *Cassia*. in: Klauser, T. (Hrsg.) Reallexikon für Antike und Christentum. Sachwörterbuch zur Auseinandersetzung des Christentums mit der antiken Welt. Bd. II. (Bau-Chr) Stuttgart. Hiersemann: 912-915.
- Gottsberger, G.; Silberbauer-Gottsberger, I. 1988. Evolution of flower structures and pollination in neotropical *Cassiinae* (*Caesalpinaceae*) species. Phytion (Austria). Annales-rei-Botanicae. Horn, NÖ. Berger. 28 (2): 293-320.
- Grainge, M.; Ahmed, S. 1988. Handbook of plants with pest-control properties. New York, NY: Wiley. 469 p.
- Grand, A.; Wondergem, P.A. 1987. Les phytothérapies anti-infectieuses de la forêt-savane, Sénégal (Afrique occidentale). I. Un inventaire. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 21 (2): 109-125.
- Grant, G. *et al.* 1991. A survey on the nutritional and haemagglutination properties of several tropical seeds. Livestock-Res-Rural-Dev. Cali. CIPAV. Centro-Investig-Sistem-Sost-Prod-Agropec. 3 (3): 24-34.
- Grant, G. *et al.* 1995. Nutritional and haemagglutination properties of several tropical seeds. J-Agric-Sci. New York, NY: Cambridge-Univ-Press. 124 (3): 437-445.
- Greaves, M.P. 1993. Formulation of microbial herbicides to improve performance in the field. in: Eggers, T. Qualitative approaches in weed and herbicide research and their practical application. EWRS-Proceed-Sympos. Wageningen; Braunschweig. FAL. Bundesforsch-anstalt-Landwirtsch. Europ-Weed-Res-Soc: 219-225.

<sup>68</sup> Umschrift lt. BGN/PCGN (Board-Geogr-Names, Permanent-Committee-Geogr-Names)

- Gressel, J. *et al.* 1996. Biocontrol of weeds: Overcoming evolution for efficacy. J-Environ-Sci-Health-B. Pestic-Food-Contamin-Agric-Wastes. New York, NY: Dekker. 31 (3): 399-405.
- Grieve, M. 1971. A modern herbal. The medicinal, culinary, cosmetic and economic properties, cultivation and folk-lore of herbs, grasses, fungi, shrubs and trees with all their modern scientific uses. 5<sup>th</sup> print. New York, NY: Hafner. vols. 1-2. 888 p.
- Griffiths, J.F. 1972a. General introduction. in: Griffiths, J.F. (ed.) Climates of Africa. World survey of climatology. vol. 10. Amsterdam. Elsevier: 1-35.
- Griffiths, J.F. 1972b. Nigeria. in: Griffiths, J.F. (ed.) Climates of Africa. World survey of climatology. vol. 10. Amsterdam. Elsevier: 167-192.
- Grimminger, W.; Mengs, U.; Reif, K. 1995. DAZ-Einsendungen: Warum ausschließlich toxikologischer Vergleich? Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer. 135 (12): 1080.
- Grisebach, A.H. 1963. Flora of the British West Indian Islands. Reprint of the 1864 edn. *Historiae Naturalis Classica*. vol. XXX. Weinheim; New York, NY: Cramer. 789 p.
- Gritzner J.A. 1988. The West African Sahel. Human agency and environmental change. Geogr-Res-Paper 226. Chicago. 170 p.
- Grubben, G.J.; Denton, L.O. 2002. Plant resources of tropical Africa. pt. 2. Vegetables. Wageningen. Europ-Union; Netherl-Min-Agric-Natur-Managem-Fisher. 3 p.
- Gunawardena, D.C. 1968. *Genera et species plantarum Zeylaniae*. An etymological and historical account of the flowering plants of Ceylon. Colombo; London. Lake House Investment Ltd. Publ. 268 p.
- Guo, H. *et al.* 1998. Anthraquinones from hairy root cultures of *Cassia obtusifolia*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 49 (6): 1623-1625.
- Gupta, M. *et al.* 2000. Antitumor activity of methanolic extract of *Cassia fistula* L. seed against Ehrlich ascites carcinoma. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 72 (1/2): 151-156.
- Haerdi, F. 1964. Die Eingeborenen-Heilpflanzen des Ulanga-Distriktes Tanganjikas (Ostafrika). in: Afrikanische Heilpflanzen. Acta-Trop. Zeitschr-Trop-wiss-Trop-med. Basel. Verlag-Recht-Gesellsch. Suppl. 8: 1-278.
- Haines, H.H. 1961. 54. *Caesalpiniaceae*. 1. *Cassia*, L. in: The botany of Bihar and Orissa. vol. II. Reprint. Calcutta. Bot-Surv-India: 315-320.
- Hallagan, J.B. *et al.* 1997. Assessment of cassia gum. Food-Chem-Toxicol. Oxford. Elsevier. 35 (6): 625-632.
- Hall, D.W.; Vandiver, V.V. 1991. Sicklepod, *Cassia obtusifolia* L. in: Weeds in Florida. Gainesville, FL: Univ-Florida. Co-op-Ext-Serv. Inst-Food-Agric-Sci. Serv-Paper 37. 3 p.

- Hammen van der, T. 1983. The Palaeontology and palaeogeography of savannas. in: Bourlière, F. (ed.) 1983. Tropical savannas. Ecosystems of the world vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier: 19-35.
- Hammond, W.N.; Jackai, L.E. 1987. Role of alternate host plants in developing control strategies against the major pod sucking pests (*Clavigralla tomentosicollis*, Stal) of cowpea, *Vigna unguiculata*, in Nigeria. 11-Int-Congr-Plant-Protect. Manila. 2 p.
- Hampshire, K.; Randall, S. 1998. Fulani fertility differentials in northern Burkina Faso. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 111-126.
- Hanelt, P. (ed.) 2001. Mansfeld's Encyclopedia of agricultural and horticultural crops. vol. 2. *Leguminosae - Balsaminaceae*. Berlin. Springer. Inst-Plant-Genetics-Crop-Plant-Res: 541-1131.
- Hanke, R. 1989. 4. Klassifizierung und Charakteristik der Rinderrassen. in: Legel, S. (Hrsg.) Nutztiere der Tropen und Subtropen. Bd. I. Rinder. Leipzig. Hirzel: 56-130.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. Science. Washington, DC: Am-Assoc-Adv-Sci. 162 (3859): 1243-1248.
- Hare, F.K. 1984. Climate, drought and desertification. Natur-Resour. Paris. UNESCO. 20 (1): 2-8.
- Harlan, J.R. 1956. Theory and dynamics of grassland agriculture. in: Wheeler, W.A. (ed.) The grassland farm series. pt. 1. Princeton, NJ: Nostrant. 281 p.
- Harms, L.R.; Blank, S.; Katzschmann, D. 1992. Länder und Völker. Zentralafrika. Stuttgart. Readers-Digest. Beste. 168 S.
- Harper, D.B.; Collins, M.A. 1992. Leaf and seed fermentations of western Sudan. Applications of biotechnology to traditional fermented foods. Report of an ad hoc panel of the Board on Science and Technology for International Development and the Office of International Affairs. National Research Council. Washington, DC: Nation-Acad-Press: 105-113.
- Harrison, Y.A.; Shackleton, C.M. 1999. Resilience of South African communal grazing lands after removal of high grazing pressure. Land-Degrad-Dev. Chichester. Wiley. 10 (3): 225-239.
- Harry-O'Kuru, R.E. *et al.* 2005. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) seed processing and potential utilization. J-Agric-Food-Chem. Washington, DC: Am-Chem-Soc. 53 (12): 4784-4787.
- Hartung, J.; Elpelt, B. 1995. Multivariate Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 5. durchges. Aufl. München; Wien. Oldenbourg. 815 S.
- Hartung, J.; Elpelt, B.; Klösener, K-H. 1989. Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 7. durchges. Aufl. München; Wien. Oldenbourg. 975 S.
- Hassan, W.A. 2000. Biological productivity of sheep and goats under agro-silvo-pastoral systems in the Zamfara Reserve in north-western Nigeria. Thesis. Göttingen. Cuvillier. 259 p.
- Hassan, Y.M. *et al.* 1974. *Cassia occidentalis* L. as coffee substitute in Egypt. Egypt-J-Hortic. Cairo. Egypt-Hortic-Soc. 1 (2): 137-143.

- Haughton, S.H. 1963. The stratigraphic history of Africa south of the Sahara. Edinburgh; London. Oliver & Boyd. 365 p.
- Hauser, S.; Ndi, J.N.; Hulugalle, N.R. 2000a. Performance of a maize/cassava intercrop in tilled and no-till *Senna spectabilis* alley cropping on an Ultisol in southern Cameroon. *Agroforestry-Syst.* Dordrecht. Kluwer. 49 (2): 177-188.
- Hauser, S.; Ndi, J.N.; Hulugalle, N.R. 2000b. Yields of maize/cassava intercrops grown with hedgerows of three multipurpose trees on an acid Ultisol of Cameroon. *Agroforestry-Syst.* Dordrecht. Kluwer. 49 (2): 111-122.
- Hayes, L. 2001. Patua te otaota – Weed clippings. Biological control of weeds annual review 2000/01. Lincoln. Landcare Research. Issue 7. 16 p.
- Haynes, R.J. 1986. Origin, distribution, and cycling of nitrogen in terrestrial ecosystems. in: Haynes, R.J. (ed.) Mineral nitrogen in the plant-soil system. (Physiological ecology) Orlando, FL: Acad-Press: 1-51.
- Heady, H.F; Heady, E.B. 1982. Range and wildlife management in the tropics. London; New York, NY: ITAS. Intermed-Trop-Agric-Series. Longman. 140 p.
- Hegnauer, R. (unter Mitarbeit von M. Hegnauer) 1994. Chemotaxonomie der Pflanzen XIa. *Leguminosae*. Teil 1. (Allgemeiner Teil und chemische Charakterzüge der *Leguminosae*) Basel. Birkhäuser. Chemische Reihe Bd. 33. 529 S.
- Hegnauer, R. (unter Mitarbeit von M. Hegnauer) 1996. Chemotaxonomie der Pflanzen XIb-1. *Leguminosae*. Teil 2. (Spezieller Teil: Inhaltsstoffe der einzelnen Taxa) Basel. Birkhäuser. Chemische Reihe Bd. 33. 500 S.
- Henderson, L. 2001. Alien weeds and invasive plants. A complete guide to declared weeds and invaders in South Africa. Handbook. Agric-Res-Council. Plant-Prot-Res-Inst. vol. 12. Pretoria; Cape Town. 300 p.
- Hennig, E. 1938. Afrika (ohne Atlasländer und Madagaskar) nebst Arabien. in: Andréé, K. (Hrsg.) Regionale Geologie der Erde. Bd. 1, Abschnitt 5. Leipzig. Akad. Verlagsgesellsch. 142 S.
- Henriques, J.A. 1892. Contribuição para estudo da flora d’Africa. Catalogo da flora da Ilha de S. Thomé. Bolet-Soc-Broteriana. Coimbra. Impr-Univ. 10: 97-165.
- Hickey, J.V. 1978. Fulani nomadism and herd maximization: A model for government mixed farming and ranching schemes. in: Hyder, D.N. (ed.) Proceed-1-Int-Rangeland-Congr. Denver, CO: Soc-Range-Managem: 95-96.
- Hideux, P. 1984. Possibilités de reproduction et de développement de *Caryedon pallidus* (Coleoptera: Bruchidae) sur *Cassia tora*. *Acta-Œcol. Œcol-Generalis*. Paris. Gauthier-Villars. 5 (4): 327-332.<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

- Hien, F.G.; Rietkerk, M.; Stroosnijder, L. 1997. Soil variability and effectiveness of soil and water conservation in the Sahel. *Arid-Soil-Res-Rehabil.* Washington, DC: Taylor & Francis. 11 (1): 1-8.
- Hiernaux, P. 1996. The crisis of Sahelian pastoralism: Ecological or economic? Pastoral Development Network Paper No. 39a. London. Overseas-Dev-Inst. 18 p.
- Hiernaux, P.; Diarra, L. 1985. Savanna burning, a controversial technique for rangeland management in the Niger flood plains in central Mali. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) *Ecology and management of the world's savannas*. Canberra. CAB: 238-243.
- Hiernaux, P. *et al.* 1999. Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. *J-Arid-Environ.* London; New York, NY: Acad-Press. 41 (3): 231-245.
- Hill, D. 1990. Cattle and buffalo meat production in the tropics. Essex. ELBS-(Engl-Language-Book-Soc)-edn. Longman-Sci-Techn. 210 p.
- Hirschberg, W. 1965. III. Hirtennomaden. 7. Fulbe. in: *Völkerkunde Afrikas*. Mannheim. Bibliogr-Inst. BI-333. Hochschultaschenbücher: 46-48.
- Hoagland, R.E. 1990. *Alternaria cassiae* alters phenylpropanoid metabolism in sicklepod (*Cassia obtusifolia*). *J-Phytopathol.* Berlin; Wien. Blackwell. 130 (3): 177-187.
- Hochberg, M.E.; Menaut, J.C.; Gignoux, J. 1994. The influences of tree biology and fire in the spatial structure of the West African savanna. *J-Ecol.* Oxford. Brit-Ecol-Soc. Blackwell. 82 (2): 217-226.
- Hochberg, Y.; Tamhane, A.C. 1987. Multiple comparison procedures. Wiley series in probability and mathematical statistics. New York, NY: Wiley. 450 p.
- Hodgkinson, K.C.; Oxley, R.E. 1990. Influence of fire and edaphic factors on germination of the arid zone shrubs *Acacia aneura*, *Cassia nemophila* and *Dodonaea viscosa*. *Austral-J-Bot.* East Melbourne, Vic: CSIRO. 38 (3): 269-279.
- Hodouto, K-K. 1990. Etude chimique des plantes à flavonoides du Togo. *Bull-Méd-Trad-Pharmacopée*. Libreville. Centr-Int-Civilis-Bantu. 4 (1): 31-48.
- Hof, A. 2000. Map 1: Overview of the Zamfara Reserve. Vegetation and land use. Draft version based on own compilation, Elsholz (1996) and Malami and Tukur (2000). Bochum. Ruhr-Univ. Inst-Geogr. Scale 1 : 593000.
- Hof, A.; Addy, L.; Rischkowsky, B. 2003a. Degradation of natural resources or necessary intensification of land use to sustain a growing number of users? The case of the Zamfara Reserve, Northwest Nigeria. Göttingen. Deutscher Tropentag. Conf-Int-Agric-Res-Dev. 10 p.
- Hof, A.; Hoffmann, I.; Steinbach, J. 2003b. GIS-based land use assessment for sustainable land use planning in the Zamfara Forest Reserve, Northwest Nigeria. in: Allsopp, N. *et al.* (eds.) *Proceed-VII-Int-Rangelands-Congr.* Durban. Docum-Transform-Technol: 1666-1668.

- Hoffmann, I. (Hrsg.) 1998. Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25. 299 S.
- Hoffmann, I. 2004. Access to land and water in the Zamfara Reserve. A case study for the management of common property resources in pastoral areas of West Africa. *Human-Ecol: An Interdiscipl-J.* New York, NY: Plenum Press. 32 (1): 77-105.
- Hoffmann, I.; Willeke-Wetstein, C.; Schäfer, C. 1998. Beschreibung eines Weideökosystems in Nordwest-Nigeria anhand von Umweltindikatoren. *Archiv-Tierzucht. Dummerstorf. Akad.* 41 (1/2): 129-142.
- Hoffmann, M.; Geier, B. (Hrsg.) 1987. Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Methoden der mechanischen und thermischen Regulierung. *Altern-Konzepte* 58. Karlsruhe. Müller. 192 S.
- Hofmeister, F.M.; Charudattan, R. 1987. *Pseudocercospora nigricans.*, a pathogen of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) with biocontrol potential. *Plant-Dis. St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc.* 71 (1): 44-46.
- Hogben, S.J.; Kirk-Greene, A.H. 1966. The Emirates of northern Nigeria. A preliminary survey of their historical traditions. London. Oxford-Univ-Press. 638 p.
- Holland, J.H. 1911. The useful plants of Nigeria. pt. II. *Kew-Bull. Additional-Series.* London; Kew. Royal-Bot-Gardens. Darling & Sons, Ltd. 9: 177-342.
- Holm, L.G. *et al.* 1979. A geographical atlas of world weeds. New York, NY: Wiley. 391 p.
- Holm, L.G. *et al.* 1997. 19. *Cassia occidentalis* L. and *Cassia tora* L. (syn. *obtusifolia* L.). in: *World weeds – Natural histories and distribution.* New York, NY: Wiley: 158-171.
- Holm, S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scand-J-Statistics: Theory-Appl.* Oxford. Blackwell. 6: 65-70.
- Homann, S. *et al.* 1998. Range management in communal areas of Namibia: Use of indigenous knowledge to define property rights. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) *Prospects of pastoralism in West Africa.* Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 163-168.
- Hooker, J.D.; Bentham, G. 1966. *Flora Nigritania*; or A catalogue of plants of the River Niger, the Island of Fernando Po, and the adjacent parts of western tropical Africa. in: Hooker, W.J. (ed.) *Niger flora; or An enumeration of plants of western tropical Africa.* Reprint. Lehre; New York, NY: Cramer: 201-577.
- Hopkins, B. 1968. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria. V. The vegetation on the savanna site with special reference to its seasonal changes. *J-Ecol. Oxford. Brit-Ecol-Soc.* Blackwell. 56: 97-115.
- Hopkins, B.; Stanfield, D.P. 1966. A field key to the savanna trees of Nigeria. Ibadan. Ibadan-Univ-Press. 39 p.

- Hornetz, B. 1990. Ecophysiological experiments for improving land-use patterns in the drylands of South-east Kenya means of drought resistant leguminous crops (Tepari beans, Bambarra groundnuts). *Plant-Res-Dev. Tübingen. Inst-Sci-Co-op.* 31: 82-102.
- Hornetz, B.; Jätzold, R. 2003. Savannen-, Steppen- und Wüstenzonen. Natur und Mensch in Trockenregionen. in: Duttmann, R. *et al.* (Hrsg.) *Das Geographische Seminar*. Braunschweig. Westermann. 305 S.
- Horowitz, M.M. 1986. Ideology, policy and praxis in pastoral livestock development. in: Horowitz, M.M.; Painter, T.M. (eds.) *Anthropology and rural development in West Africa*. Boulder, CO; London. Westview: 251-272.
- Hou, D.; Larsen, K.; Larsen, S.S. 1996. *Caesalpiniaceae*. in: *Flora Malesiana*. ser. I – Spermatophyta. publ. Found-Flora-Malesiana. Hortus-Bot. Leiden. vol. 12. pt. 2: 409-730.
- Houérou le, H.N. 1980. The role of browse in the Sahelian and Sudanian zones. in: Houérou le, H.N. (ed.) *Browse in Africa. The current state of knowledge*. Addis Ababa. ILCA. Int-Livestock-Centre-Afr: 83-100.
- Houérou le, H.N. 1989. The grazing land ecosystems of the African Sahel. *Ecological studies* 75. Berlin. Springer. 282 p.
- Houérou le, H.N. 1993. Grasslands of the Sahel. in: Coupland, R.T. (ed.) *Ecosystems of the World 8B: Natural grasslands*. Amsterdam. Elsevier: 197-220.
- Houérou le, H.N. 1997. Climate, flora and fauna changes in the Sahara over the past 500 million years. *J-Arid-Environ.* London. Acad-Press. 37 (4): 619-647.
- Humphreys, L.R. 1987. *Tropical pastures and fodder crops*. 2<sup>nd</sup> rev. edn. London; New York, NY: ITAS. Intermed-Trop-Agric-Series. Longman Scientific & Technical. Wiley. 155 p.
- Humphreys, L.R. 1991. *Tropical pasture utilisation*. Cambridge; New York, NY: Cambridge-Univ-Press. 206 p.
- Humphry, C.M. *et al.* 1993. Food diversity and drought survival. The Hausa example. *Int-J-Food-Sci-Nutr.* Basingstoke. Sci-Med-Division. Macmillan Press. 44 (3): 1-16.
- Hussain, H.S.; Karatela, Y.Y. 1989. Traditional medicinal plants used by the Hausa-tribe of Kano State of Nigeria. *Int-J-Crude-Drug-Res.* Lisse. Swets & Zeitlinger. 27 (4): 211-216.
- Hutchinson, J. 1921. A contribution to the flora of northern Nigeria. Plants collected on the Bauchi Plateau by Mr. H.V. Lely. *Bull-Misc-Inform.* Kew; London. Royal-Bot-Gardens. HMSO. (His Majesty's Stationary Office) No 10, 1921: 353-407.
- Hutchinson, J.; Dalziel, J.M. 1954-1972. *Flora of West tropical Africa*. vols. I-III. 2<sup>nd</sup> edn. rev. by Keay, R.W.; Hepper, F.N. (eds.) London. Crown Agents for Oversea Government and Administrations. 1946 p.
- Hutchinson, J.; Dalziel, J.M. 1958. *Flora of West tropical Africa*. vol. I, part 2. 2<sup>nd</sup> edn. rev. by Keay, R.W. (ed.) London. Crown Agents for Oversea Government and Administrations: 297-828.



- Hynze, R. *et al.* 2003. Tropical weed research. Queensland Department of Lands, Land Protection Branch. Trop-Weeds-Res-Centre. Charters Towers, Qld: 1 p.
- IBPGR. Int-Board-Plant-Genetic-Resour. 1984. Forage and browse plants for arid and semi-arid Africa. Kew. Royal-Bot-Gardens. 293 p.
- Ibrahim, M.A. *et al.* 1984. Screening of West African plants for anthelmintic activity. ILCA-Bull. Addis Ababa. ILCA. Int-Livestock-Centr-Afr. 17: 19-23.
- Ibrahim, S.A. 1998. Soil properties and N-mineralization under some vegetation types of the Zamfara Grazing Reserve in northwestern Nigeria. Thesis. Boden und Landschaft. (21) Giessen. 186 p.
- ICRAF. Int-Centre-Res-Agroforestry. 2002. Agroforestry database: *Senna spectabilis*. Nairobi. World-Agroforestry-Centre. 4 p.
- Iji, P.A.; Kolawole, O.A.; Bawa, G.S. 1997. Effects of seeding rates and phosphorus levels on the productivity of *Atylosia scarabeoides* (Benth.). Asian-Australasian-J-Anim-Sci. Suwon. Asian-Australasian-Assoc-Anim-Prod-Soc. 10 (2): 196-200.
- ILDIS. 2001. Genera containing currently accepted names. on-line-publ. <http://www.ildis.org>
- Illius, A.W.; O'Connor, T.G. 1999. On the relevance of nonequilibrium concepts to arid and semiarid grazing systems. Ecol-Appl. Tempe, AZ: Ecol-Soc-Am. 9 (3): 798-813.
- Illius, A.W.; O'Connor, T.G. 2003. The definition of non-equilibrium and the role of key resource – An ecological perspective. in: Professional workshop 01. Rangelands in equilibrium and disequilibrium. VII Int-Rangeland-Congr. Durban. Draft Progr: 16.
- IRD. Inst-Rech-Dév. 2000. Herbier de Guyane. Cayenne. 3 p.
- Iro, I. 1994. Should pastoral Fulani sedentarise? A literature review and theoretical framework on policy issues in the socioeconomic transformation of the pastoral Fulani of Nigeria. Afr-Dev-Foundation. Washington, DC. 13 p.
- Iro, M.M.; Koffi, K.; Kouassi N'Goran, G. 1988. Projet de création d'une exploitation agro-sylvo-pastorale à Bledi (s/p de Djebonoua). Minist-Agric. Abidjan. Inst-Agric-Bouaké. Mém-Ing-Techn-Agricoles. 179 p.
- Irvine, F.R. 1952. Supplementary and emergency food plants of West Africa. Econ-Bot. Lancaster, PA: Soc-Econ-Bot. New-York-Bot-Garden. 6 (1): 23-40.
- Irvine, F.R. 1961. Woody plants of Ghana with special reference to their uses. London. Oxford-Univ-Press. 868 p.
- Irwin, H.S.; Barneby, R.C. 1981. Tribe 2. *Cassieae* Bronn (1822). in: Polhill, R.M.; Raven, P.H. (eds.) Advances in legume systematics. vol. I. Kew. Royal-Bot-Gardens: 97-106.

- Irwin, H.S.; Barneby, R.C. 1982. The American *Cassiinae*. A synoptical revision of *Leguminosae* tribe *Cassieae*, subtribe *Cassiinae* in the New World. Memoirs-New-York-Bot-Garden. Bronx, NY: NY-Bot-Garden. 35 (1) 1-918.
- Irwin, H.S.; Turner, B.L. 1960. Chromosomal relationships and taxonomic considerations in the genus *Cassia*. Am-J-Bot. Columbus, OH: Bot-Soc-Am. 47 (4): 309-318.
- Isaacs, M.A. *et al.* 1989. Effects of late-season herbicide application on sicklepod (*Cassia obtusifolia*) seed production and viability. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 37 (6): 761-765.
- Isenhour, D.J.; Todd, J.W.; Hauser, E.W. 1985. The impact of toxaphene applied as a post-emergence herbicide for control of sicklepod, *Cassia obtusifolia* L., on arthropods associated with soybean. Crop-Prot. Guildford. Butterworths. 4 (4): 434-445.
- Isshiki, K. *et al.* 1993. Growth-inhibition of microorganisms by plant-extracts. [Nihon-Shokuhin-Kagaku-Kogakkai-shi] J-Japan-Soc-Food-Sci-Technol. Ibaraki. [NSKK] 40 (7): 525-527. (japan.)
- IUCN. Int-Union-Conserv-Nature-Natural-Products. Red List. 2000. Côte d'Ivoire – *Plantae*. Conservation priority-setting workshop. Elmina. 1999. Center-Appl-Biodiversity. Washington, DC: online-publ. <http://www.biodiversityscience.org>
- Ivens, G.W.; Moody, K.; Egunjobi, J.K. 1978. *Cassia mimosoides*, *C. obtusifolia* and *C. occidentalis* L. in: West African weeds. Ibadan. Oxford-Univ-Press: 22-27.
- Iwu, M.M. 1986. Handbook of African medicinal plants. Enugu. African-Ethnomedicine. CRC-(Chem-Rubber-Co)-Press, Inc. 435 p.
- Iwu, M.M. 1996. Biodiversity prospecting in Nigeria: Seeking equity and reciprocity in intellectual property rights through partnership arrangements and capacity building. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. special issue. 51 (1-3): 209-219.
- Jackson, S.P. (ed.) 1961. Climatological atlas of Africa. Lagos; Nairobi. CTCA. Commiss-Techn-Co-op-Afr. Joint Project No. 1. 55 plates.
- Jahn, K. 1999. Untersuchungen zur Rinde von *Cassia fikifiki* Aubrév. & Pell., einer traditionell zur Behandlung der Onchozerkose verwendeten Leguminose. Berlin. Wiss-Techn. 241 S.
- Jahn, K.; Kilian, H.D.; Kraus, L. 1990. Detection of anthranoids from "Ganna Ganna" (*Cassia* species). Planta-Med. J-Med-Plant-Res. Stuttgart. Thieme. 56 (6): 562.
- Jahn, K.; Richter, R.; Schultze, W. 1995. *Cassia fikifiki*. Eine afrikanische Heilpflanze gegen Onchozerkose. Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer. 135 (4): 283-304.
- Jaiyeoba, I.A. 1995. Changes in soil properties related to different land uses in part of the Nigerian semi-arid savanna. Soil-Use-Managem. Oxford. CAB-Int. 11 (2): 84-89.
- Jama, B.A.; Nair, P.K. 1996. Decomposition- and N-mineralization patterns of *Leucaena leucocephala* and *Cassia siamea* mulch under tropical semiarid conditions in Kenya. Plant-Soil. Dordrecht. Kluwer. 179 (2): 275-285.

- Jama, B.A.; Nair, P.K.; Kurira, P.W. 1989. Comparative growth performance of some multi-purpose trees and shrubs grown at Machakos, Kenya. *Agroforestry-Syst.* Dordrecht. Kluwer. 9 (1): 17-27.
- James, P.A.; Fossett, G.W. 1982/83. Sicklepod (*Cassia obtusifolia* L.) in central Queensland. *Austral-Weeds.* North Clayton. CSIRO. Inkata Press. 2 (2): 80-81.
- Jamieson, B.G.; Reynolds, J.F. 1967. Tropical plant types. Oxford. Pergamon Press. The Commonwealth and International Library. 347 p.
- Jang, Y.S. *et al.* 2002. Larvicidal activity of leguminous seeds and grains against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens pallens*. *J-Am-Mosquito-Contr-Assoc.* Eatontown, NJ: Am-Mosquito-Contr-Assoc. 18 (3): 210-213.
- Jansen, P.M.; Mendes, O. 1984. Plantas medicinais, seu uso tradicional em Moçambique. t. 2. Maputo. Inst-Nacion-Livroe-Disc. 260 p.
- Jansen, P.M.; Mendes, O. 1990. Plantas medicinais, seu uso tradicional em Moçambique. t. 3. Maputo. Inst-Nacion-Livroe-Disc. 302 p.
- Jeltsch, F. *et al.* 1998. Modelling the impact of small-scale heterogeneities on tree-grass coexistence in semi-arid savannas. *J-Ecol.* Oxford. Brit-Ecol-Soc. Blackwell. 86 (5): 780-793.
- Jenkinson, A.F. 1973/74. A note on variations in May to September rainfall in West African marginal rainfall areas. in: Dalby, D.; Harrison Church, R.J. (eds.) Report of the 1973 symposium: Drought in Africa. CAS/SOAS. (Centre-Afr-Studies, School-Orient-Afr-Studies) Univ-London: 31-32.
- Jenny, M. 1991. Diasporenausbreitung an ariden Standorten und ihre Klassifikation am Beispiel einer Annuellenflur im Wadi Araba (Jordanien). in: Schmid, B.; Stöcklin, J. (Hrsg.) Populationsbiologie der Pflanzen. Basel. Birkhäuser: 36-52.
- Jiya, M. 1974. Report on the effect of drought condition on livestock production in North Western State. in: Symposium on drought. 1-Annual-Conf-NSAP, Kano. Nigerian-J-Anim-Prod. Ibadan. Nigerian-Soc-Anim-Prod. 1 (1): 17-23.
- Johnson, D.L. 1975. The status of pastoral nomadism in the Sahelian zone. in: MAB. Man and the Biosphere. The Sahel: Ecological approaches to land use. Paris. UNESCO-Press: 75-88.
- Johnson, H.B.; Mayeux, H.S. 1992. Viewpoint: A view on species additions and deletions and the balance of nature. *J-Range-Managem.* Denver, CO: Soc-Range-Managem. 45 (4): 322-333.
- Johnson, R.W.; Tothill, J.C. 1985. Definition and broad geographic outline of savanna lands. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) Ecology and management of the world's savannas. Canberra. CAB: 1-13.
- Johnson, W.C. *et al.* 1996. Role of warm-season weeds in spotted wilt epidemiology in the southeastern Coastal Plain. *Agron-J.* Madison, WI: Am-Soc-Agron. 88 (6): 928-933.

- Johnson, W.C. *et al.* 1999. Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*) and sicklepod (*Senna obtusifolia*) control in peanut using herbicides applied through a wick-bar. Peanut-Sci. Raleigh, NC: Am-Peanut-Res-Educ-Soc. 26 (1): 18-23.
- Jolls, C.L. 1991. Genetic variation in fatty acids of a pestilent weed: A potential commercial application. Project Status Report 8913-ARIG-0306. Research Triangle Park, NC: North-Carolina-Biotechnol-Center. 34 p. (unpubl.)
- Jones, D.S. *et al.* 1995. Reduced preplant-incorporated imazaquin rates for broadleaf weed-control in soybean. Agron-J. Madison, WI: Am-Soc-Agron. 87 (3): 498-502.
- Jones, R.E.; Walker, R.H. 1993. Effects of interspecific interference, light intensity, and soil moisture on soybean (*Glycine max*), common cocklebur (*Xanthium strumarium*), and sicklepod (*Cassia obtusifolia*) water uptake. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 41 (4): 534-540.
- Jones, S.B. Jr; Luchsinger, A.E. 1986. Plant systematics. Chapter 14: Angiosperm families. New York, NY: McGraw-Hill, Inc: 358-359.
- Jonsson, K.; Stahl, L.; Högborg, P. 1996. Tree fallows: A comparison between five tropical tree species. Biol-Fertility-Soils. Berlin. Springer. 23 (1): 50-56.
- Jopp, W. (bearb.) 1968. Afrika. in: Geogr-Kartogr-Inst-Meyer. (Hrsg.) Meyers Kontinente und Meere in 8 Bänden. Bd. 1. Mannheim; Zürich. Bibliogr-Inst. 380 S.
- Jordan, D.L. 1999. Influence of adjuvants on efficacy of imazapic and 2,4-DB. Peanut-Sci. Raleigh, NC: Am-Peanut-Res-Educ-Soc. 26 (1): 1-4.
- Jürgens, G. 1977. Liste der Unkräuter landwirtschaftlicher Kulturen in der Dominikanischen Republik. Stuttgart. Berichte-FG-Herbol-Univ-Hohenheim. Heft 12.
- Jürgens, G. 1979. Unkräuter in tropischen Kulturpflanzen – *Cassia obtusifolia* L. in: Kranz, J.; Schmutterer, H.; Koch, W. (Hrsg.) Krankheiten, Schädlinge und Unkräuter im tropischen Pflanzenbau. Berlin; Hamburg. Parey: 602-604.
- Kabelitz, L.; Reif, K. 1994. Anthranoide in Sennesdrogen. Ein analytischer Beitrag zur Risikobewertung. Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer. 134 (51/52): 5085-5088.
- Kachelriess, S.W.; Alkämpfer, J.; Tarawali, S.A. 1992. Unkrautbekämpfung in Saatgutbeständen tropischer Futterleguminosen in der subhumiden Zone Nigerias. Zeitschr-Pflanzenkrankh-Pflanzenschutz. Stuttgart. Ulmer. Sonderheft 13: 229-239.
- Kachelriess, S.W. 1993a. Einfluß verschiedener Anbau- und Unkrautbekämpfungsverfahren auf das Wachstum, den Samenertrag und die Saatgutqualität tropischer Weideleguminosen. Diss. Giessen-Beitr-Entwick-forschung. Reihe II, Bd. 9: 107 S.
- Kachelriess, S.W. 1993b. Möglichkeiten bei der Saatguterzeugung tropischer Weideleguminosen am Beispiel von *Chamaecrista rotundifolia* cv. Wynn in Nigeria. Mitteil-Gesellsch-Pflanzenbauwiss. Giessen. Wiss-Fachverlag Fleck. 37. Jahrestagung. 6: 185-188.
- Kadiri, M.; Bedri, B.A.; Ajao, S.S. 1996. Toxicological screening of some Nigerian wild legumes. Revist-Biol-Trop. San José. Univ-Costa-Rica. 44 (1): 269-274.

- Kadomura, H. 1989. Savannization in tropical Africa. in: Kadomura, H. (ed.) Savannization processes in tropical Africa pt. I. Tokyo; Lusaka. Occasion-Study No. 17: 3-16.
- Kahsaye, W. 2002. The cultural ecology of pastoralism in Eritrea: A geographical inquiry. Thesis. Louisiana-State-Univ. 233 p.
- Kaiser, W.J. 1993. Chickpea wilt incited by pea streak carlavirus. Plant-Dis. St. Paul, MN: Am-Phytopath-Soc. 77 (9): 922-926.
- Kallah, M.S. *et al.* 1997. Ensiling quality of columbus grass (*Sorghum almum*) grown in northern Nigeria. Anim-Feed-Sci-Technol. Amsterdam. Elsevier. 68 (1/2): 153-163.
- Kallah, M.S. *et al.* 2000. Nutrient composition of native forbs of semi-arid and dry sub-humid savannas of Nigeria. Anim-Feed-Sci-Technol. Amsterdam. Elsevier. 84 (1/2): 137-145.
- Kamara, A.Y. 1998. Investigations into the effects of some selected multipurpose trees on weeds and growth of maize (*Zea mais* (L.) an cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) in South-west Nigeria. Tropenlandwirt. Beiheft 65. Kassel. 143 p.
- Kambizi, L.; Afolayan, A.J. 2001. An ethnobotanical study of plants used for the treatment of sexually transmitted diseases (njovhera) in Guruve District, Zimbabwe. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 77 (1): 5-9.
- Kameswara Rao, C. 2000. Database of medicinal plants. Bangalore. Karnataka-State-Council-Sci-Technol. 500 p.
- Kane, C.H. 1971. Die Visionen des Narren. in: Jahn, J. Süß ist das Leben in Kumansenu und andere Erzählungen aus Westafrika. Tübingen; Basel. Buchreihe geistige Begegnungen des Instituts für Auslandsbeziehungen. Bd. XXXI. Stuttgart. Erdmann: 41-46.
- Kaposhi, C.K. *et al.* 1995. Extraction and evaluation of active ingredients from selected Zambian plants with acaricidal and insecticidal properties. in: Berger, A.; Mugoya, C.F. (eds.). Natural plant products as pesticides. Proceed-1-Nation-Sympos. Lusaka. 1994. Rapport. Sverig-Lantbruksuniv-Instit-Vaextskydd. no 4. Alnarp. 85-92.
- Karvé, A. 1962. Regulation of photomorphogenic processes in *Cassia tora* L. by circadian rhythms. Planta. Berlin. Springer. 58: 257-260.<sup>70</sup>
- Kasasian, L. 1971. Weed control in the tropics. Cleveland, OH: CRC-(Chem-Rubber-Co.)-Press. 307 p.
- Kashyap, S.R. 1936. Lahore District flora. Lahore. Publ-Univ-Panjab. 285 p.
- Katoch, B.S.; Bhowmik, K.B. 1983. Biological evaluation of cassia seeds (*Cassia tora* and *C. floribunda*) as poultry feed ingredients. Indian-Vet-J. Madras. Indian-Vet-Assoc. 60 (5): 390-395.<sup>71</sup>

<sup>70</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

<sup>71</sup> korrekte Benennung: *S. tora* [Anmerkung des Verfassers]

- Kattach, G. 1995. Phänologische und physiologische Charakterisierung autochthoner Steppenleguminosen in Syrien. Diss. Giessen. 212 S.
- Kayuki, K.C.; Wortmann, C.S. 2001. Plant materials for soil fertility management in sub-humid tropical areas. *Agron-J. Madison, WI: Am-Soc-Agron.* 93 (4): 929-935.
- Keay, R.W. 1949. An example of Sudan zone vegetation in Nigeria. *J-Ecol. Oxford. Brit-Ecol-Soc. Blackwell.* 37: 335-364.
- Keay, R.W. 1956. A new species of *Cassia* Linn. (*Caesalpinaceae*) from West Africa. *Bull-IFAN. (Inst-Franç-Afr-Noire) sér. A: Sc-Natur. Dakar.* 18 (2): 375-376.
- Keay, R.W. 1959. Vegetation map of Africa south of the tropic of cancer. Explanatory notes. *AÉTFAT. Oxford-Univ-Press:* 5-11.
- Kees, H. *et al.* (Hrsg.) 1984. So bekämpft man Unkraut auf dem Acker- und Grünland. 4. Aufl. DLG. Deutsch-Landwirtsch-Gesellsch. Frankfurt a.M. Verlag-Union-Agrar. 224 S.
- Kelsey, H.P.; Dayton, W.A. 1942. Standardized plant names. 2<sup>nd</sup> edn. Harrisburg, PA: 673 p.
- Kéré, U.; Thiombiano, A. 1999. Ökologie und Nutzung von Combretaceen in Burkina Faso. Eschborn. GTZ. Gesellsch-Techn-Zus-arbeit. TÖB. Trop-Ökol-Begleitprogr. FTWF-13: 44-45.
- Kerharo, J.; Adam, J-G. 1964. Les plantes médicinales, toxiques et magiques des Niominka et des Socé des Iles du Saloum (Sénégal). en: *Plantes médicinales africaines. Acta-Trop. Rev-Sc-Trop-Méd-Trop. Basel. Verlag-Recht-Gesellsch. Suppl. 8:* 283-334.
- Kerharo, J.; Adam, J-G. 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques. Paris. édition Vigot Frères. 1011 p.
- Kerharo, J.; Bouquet, A. 1950. Plantes médicinales et toxiques de la Côte d'Ivoire – Haute-Volta. Mission d'étude de la pharmacopée indigène en A.O.F. Paris. Édition Vigot Frères. 300 p.<sup>72</sup>
- Keya, G.A. 1998. Herbaceous layer production and utilization by herbivores under different ecological conditions in an arid savanna of Kenya. *Agric-Ecosyst-Environ. Amsterdam; New York, NY: Elsevier.* 69 (1): 55-67.
- Khristova, P. 2000. Pulping potential of some exotic hardwoods grown in Sudan. *Trop-Sci. London. Whurr Publishers Ltd.* 40 (1): 11-19.
- Kiepe, P. 1995. Effect of *Cassia siamea* hedgerow barriers on soil physical properties. *Geoderma. Amsterdam. Elsevier.* 66 (1/2): 113-120.
- Kilian, H.D. *et al.* 1990. *In vivo* and *in vitro* effects of extracts from *Cassia aubrevillei* in onchocerciasis. *Acta-Leidensia. Mededeel-Inst-Trop-Genesk. Leiden. Scholae-Med-Trop.* 59 (1-2): 365-371.
- Kim, Y.G. *et al.* 1997. Effects of planting density on growth and yield in *Cassia obtusifolia*. L. *Korean-J-Med-Crop-Sci. Suwon.* 5 (2): 95-101.

---

<sup>72</sup> Afrique Occidentale Française

- Kirby, C.J.; Rogers, G.M. 1999. Sicklepod toxicity. *Compend-Contin-Educ-Pract-Vet.* Trenton, NJ: Vet-Learning-Syst. 2 (S): S66-S69, S79.
- Kirk-Greene, A.H.; Sassoon, C. 1963. The cattle people of Nigeria. *People of the world* 16. ser. 3. Reprint (1959). Oxford. Oxford-Univ-Press. Clay & Co. 32 p.
- Kitanaka, S.; Kimura, F.; Takido, M. 1985. Studies on the constituents of the seeds of *Cassia obtusifolia* Linn. The structures of two new anthraquinone glycosides. *Chem-Pharmaceut-Bull. Tokyo. Pharmaceut-Soc-Japan.* 33 (3): 1274-1276.
- Kitanaka, S.; Ogata, K.; Takido, M. 1990. Revision of the structure and absolute configuration of cassialactone. *Phytochem. Oxford. Pergamon Press.* 29 (3): 999-1002.
- Kitanaka, S.; Takido, M. 1981. Studies on the constituents of the seeds of *Cassia obtusifolia*: The structures of two new lactones, isotalactone and cassialactone. *Phytochem. Oxford. Pergamon Press.* 20 (8): 1951-1953.
- Kitanaka, S.; Takido, M. 1986. Studies on the constituents in the roots of *Cassia obtusifolia* Linn. and the antimicrobial activities of constituents of the roots and the seeds. [*Yakugaku-Zasshi*] *J-Pharmaceut-Soc-Japan. Tokyo. [Nihon-Yakugakkai] Pharmaceut-Soc-Japan.* 106 (4): 302-306. (japan.)
- Knapp, R. 1966. Geobotanische Literatur über Nigeria und Kamerun sowie benachbarter Gebiete von West- und Central-Afrika. *Geobotan-Mitteil. Giessen. Heft* 38. 72 S.
- Knapp, R. 1973. Die Vegetation von Afrika unter Berücksichtigung von Umwelt, Entwicklung, Wirtschaft, Agrar- und Forstgeographie. in: Walter, H. (Hrsg.) *Vegetationsmonographien der einzelnen Großräume. Bd. III.* Stuttgart. Fischer. 626 S.
- Knappert, J. 1997. *Lexikon der afrikanischen Mythologie. Mythen, Sagen und Legenden von A-Z.* genehmigte Lizenzausgabe. Weyarn. Seehammer. 368 S.
- Koeman, J.H.; Takken, W. 1977/78. The environmental impact of tsetse control operations. Roma. FAO. *FAO-Anim-Prod-Health-Paper* 7. 35 p.
- Koenen von, E. 1977. *Heil- und Giftpflanzen von Südwestafrika.* Windhoek. Akadem. 272 S.
- Kogbe, C.A; Sowunmi, M.A. 1975. The age of the Gwandu formation (continental terminal) in north-western Nigeria as suggested by spore-pollinitic analysis. *Savanna. J-Environ-Social-Sci. Zaria. Ahmadu-Bello-Univ-Publ.* 4 (1): 47-55.
- Köhler, W.; Schachtel, G.; Voleske, P. 1984. *Biometrie. Einführung in die Statistik für Biologen und Agrarwissenschaftler.* Heidelberg-Taschenbücher. Berlin; Heidelberg. Springer. 255 S.
- Kokwaro, J.O. 1976. *Medicinal plants of East Africa.* Kampala; Nairobi; Dar es Salaam. EALB. East-Afr-Literature-Bureau. 384 p.
- Kokwaro, J.O. 1988. Traditional methods of treating skin diseases in Kenya through the use of plants. in: Goldblatt, P.; Lowry, P.P. (eds.) *Proceed-11-Plenary-Meeting-Assoc-Taxon-Stud-*

- Flora-Trop-Afr. MSB: Monogr-Syst-Bot-Missour-Bot-Garden. St. Louis, MO: AÉT FAT. 25: 363-372.
- Koorders, S.H. 1912. Exkursionsflora von Java: umfassend die Blütenpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der im Hochgebirge wild wachsenden Arten. Bd. II – Dikotyledonen (*Archichlamydeae*). Jena. Fischer. 742 S.
- Koorders, S.H. 1937. Exkursionsflora von Java umfassend die Blütenpflanzen. Bd. IV – Atlas. 7. Abteilung. 2. Hälfte. 1. Teil: Familie 128. Jena. Fischer: 865-1020.
- Köppen, W.P. 1931. Grundriß der Klimakunde. 2. verbesserte Aufl. der Klimate der Erde. Berlin; Leipzig. Gruyter. 388 S.
- Kormawa, P.M. *et al.* 1999. Economic evaluation of using mulch from multi-purpose trees in maize-based production systems in south-western Nigeria. *Exp-Agric. Cambridge. Cambridge-Univ-Press.* 35 (1): 101-109.
- Koshioka, M. *et al.* 1978. Separation and quantitative estimation of anthraquinones of *Cassia* seeds on a column of Sephadex LH-20. [Shoyakugaku-Zasshi] Japan-J-Pharmacogn. Kyoto. 32: 267-272. (japan.)
- Kotresha, K.; Seetharam, Y.N. 2000. Epidermal micromorphology of some species of *Cassia*. *Phytomorphol. Delhi. Int-Soc-Plant-Morphol.* 50 (3/4): 229-237.
- Koukoura, Z. *et al.* 1998. Competition effects of *Dactyloctenium aegyptium* and *Pennisetum pedicellatum* for biological *Cassia tora* control. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 79-86.<sup>73</sup>
- Kowal, J.M.; Davies, J.H. 1974. Water resources and dry matter production for livestock in northern Nigeria. in: Symposium on drought. 1-Annual-Conf-NSAP, Kano. Nigerian-J-Anim-Prod. Ibadan. Nigerian-Soc-Anim-Prod. 1 (1): 40-49.
- Kowal, J.M.; Kassam, A.H. 1978. Agricultural ecology of savanna: A study of West Africa. Oxford; New York, NY: Clarendon Press. 403 p.
- Kraatz, G.W.; Andersen, R.N. 1980. Leaf movements in sicklepod (*Cassia obtusifolia*) in relation to herbicide response. *Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA.* 28 (5): 551-556.
- Kramer, H.; Kress, A.; Voigt, M. (Hrsg.) 1989. Haack Kartenbuch Afrika. 1. Aufl. VEB (Volkseig-Betrieb) Haack. Geogr-Kartogr-Anstalt. Gotha. 432 S.
- Kreeb. K.H. 1983. Vegetationskunde. UTB. Uni-Taschenbücher. Große Reihe. Stuttgart. Fischer. 331 S.
- Kreimer, D.; Steinbach, J. 1998. Control of *Cassia tora* Linn. in three pasture ecotypes in the Sudan savanna in north-western Nigeria. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 87-95.<sup>73</sup>

<sup>73</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]



- Krenkel, E. 1938. Geologie Afrikas. Bd. 3. Teil 2. in: Krenkel, E. (Hrsg.) Geologie der Erde. Berlin. Borntraeger: 1305-1918.
- Krieger, K. 1959. Geschichte von Zamfara. Sokoto-Provinz, Nordnigeria. Berlin. Reimer. (Baessler-Archiv, Beiträge zur Völkerkunde) Reihe 1. 147 S.
- Krings, A. 2000. *Caesalpinaceae* - *Caesalpinia* family: *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (*Cassia obtusifolia* L.; *Cassia tora* of earlier authors) – Sickelpod. in: Poisonous vascular plants (arranged by family). Dept-Bot-North-Carolina-State-Univ. Herbarium: 32.
- Kroll, T.; Kruger, A.S. 1998. Closing the gap: bringing communal farmers and service institutions together for livestock and rangeland development. J-Arid-Environ. London; New York, NY: Acad-Press. 39 (2): 315-323.
- Kronberg, I. 2000a. 16 Synökologie. in: Munk, K. (Hrsg.) Grundstudium Biologie. Bd. 1. Biochemie, Zellbiologie, Ökologie, Evolution. Teil III. Ökologie. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akadem: (16)1-(16)44.
- Kronberg, I. 2000b. 17 Ökologie der Naturräume. in: Munk, K. (Hrsg.) Grundstudium Biologie. Bd. 1. Biochemie, Zellbiologie, Ökologie, Evolution. Teil III. Ökologie. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akadem: (17)1-(17)28.
- Kudi, A.C. *et al.* 1999. Screening of some Nigerian medicinal plants for antibacterial activity. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 67: 225-228.
- Kumar, K. 1992. Anti-nutritional factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. in: Speedy, A.W.; Pugliese, P-L. (eds.) Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Roma. Anim-Prod-Health-Paper 102: 145-160.
- Kundermann, B. 2000. Sicherung der Agrobiodiversität in Krisengebieten. Eschborn. GTZ. Gesellsch-Techn-Zus-arbeit. 54 S.
- Kunkel, G. 1984. Plants for human consumption. An annotated checklist of the edible phanerogams and ferns. Koenigstein. Viator. Koeltz-Sci-Books. 393 p.
- Kuntze, H.; Roeschmann, G.; Schwerdtfeger, G. (Verf.) 1994. Bodenkunde. 5. neubearb. Aufl. Stuttgart. UTB-(Uni-Taschenbücher)-Wiss. Ulmer. 424 S.
- Küppers, K. 1998. Evaluation of the ligneous strata of the vegetation of the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 41-47.
- Kusserow, H.; Langsdorf, A.; Salifou, I. 1999. Genetic diversity of wild growing forage plants in West African Sahel. Plant-Res-Dev. Tübingen. Inst-Sci-Co-op. 50: 30-41.
- Kyiogwom, U.B.; Bello, H.M. 1998. The role of woman in the pastoral production in the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 96-101.
- Kyiogwom, U.B.; Umaru, B.F.; Bello, H.M. 1998. The use of indigenous knowledge in land classification and management among farmers in the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I.

- (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 220-227.
- Ladipo, J.L. 1988. Viruses associated with a mosaic disease of *Crotalaria juncea* in Nigeria. 1. Cowpea mosaic virus. J-Phytopathol. Berlin; Wien. Blackwell. 121 (1): 8-18.
- Lakpini, C.A. *et al.* 1997. Effects of graded levels of sun-dried cassava peels in supplement diets fed to Red Sokoto goats in the first trimester of pregnancy. Anim-Feed-Sci-Technol. Amsterdam. Elsevier. 67 (2/3): 197-204.
- Lamaison, J.L. *et al.* 1993. Normalisation d'un extrait de séné. Plantes-Méd-Phytothér. Angers. Centre-Étud-Plantes-Médicinales. 26 (3): 215-224.
- Lamarck de, J-B. 1783. Encyclopédie méthodique. Botanique. tom. I. Paris; Liège. Panckoucke; Plomteux. 752 p.
- LaMastus, F.E. *et al.* 1999. Remote sensing as a tool for detecting weed distributions. Proceed. Annual-Meeting. Raleigh, NC: South-Weed-Sci-Soc. 52: 161-162.
- Lambert, J.D. *et al.* 1985. Bruchid control with traditionally used insecticidal plants, *Hyptis spicigera* and *Cassia nigricans*. Insect-Sci-Appl. Oxford. ICIPE. Int-Centre-Insect-Physiol-Ecol. Pergamon. 6 (2): 167-170.
- Lampert, E.P.; Smith, H.A.; Eckel, R.V. 1988. Relative efficiency of *Myzus nicotianae* as a vector of tobacco etch virus to tobacco and sicklepod. J-Agric-Entomol. Clemson, SC: Entomol-Soc-Am. 5 (1): 45-53.
- Lamprey, H.F.; Herlocker, D.J.; Field, C.R. 1980. Report on the state of knowledge on browse in East Africa. in: Houérou le, H.N. (ed.) Browse in Africa. The current state of knowledge. Addis Ababa. ILCA. Int-Livestock-Centre-Afr: 45.
- Lamprey, H.F. 1983. Pastoralism yesterday and today: The over-grazing problem. in: Bourlière, F. (ed.) Tropical savannas. Ecosystems of the world. vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier. Co: 643-666.
- Landon, J.R. (ed.) 1991. Booker tropical soil manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Paperback edition. Harlow. Longman-Sci-Techn. 474 p.
- Landsberg, H.E. *et al.* 1965. Weltkarten zur Klimakunde. World maps of climatology. 2. Aufl. Berlin; Heidelberg; New York, NY: Springer. 18 S.
- Landsberg, J.; Lavorel, S.; Stol, J. 1999. Grazing response groups among understorey plants in arid rangelands. J-Veg-Sci. Int-Assoc-Veg-Sci. Uppsala. Opulus. 10 (5): 683-696.
- Lange, D. 2004. Ancient kingdoms of West Africa. Africa-centred and Canaanite-Israelite perspectives. A collection of published and unpublished studies in English and French. Dettelbach. Röhl. 586 p.

- Larbi, A. *et al.* 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Anim-Feed-Sci-Technol.* Amsterdam. Elsevier. 72 (1/2): 81-96.
- Larsen, J. 2003. Deserts advancing, civilisations retreating. Earth Policy Institute. New York, NY: Norton & Co. *Eco-Economy Update* 23. 5 p.
- Larsen, K. 1971. Chromosome numbers of some Thai *Leguminosae*. *Bot-Tidsskr.* København. Dansk-Bot-Forening. 66 (1/2): 38-50.
- Latt, C.R.; Nair, P.K.; Kang, B.T. 2001. Reserve carbohydrate levels in the boles and structural roots of five multipurpose tree species in a seasonally dry tropical climate. *Forest-Ecol-Managem.* Amsterdam. Elsevier. 146 (1/3): 145-158.
- Laycock, W.A. 1991. Stable states and thresholds of range condition on North American rangelands: A viewpoint. *J-Range-Managem.* Denver, CO: Soc-Range-Managem. 44 (5): 427-33.
- Lebel, T.; Taupin, J.D.; D'Amato, N. 1997. Rainfall monitoring during HAPEX-Sahel. 1. General rainfall conditions and climatology. *J-Hydrol.* Amsterdam. Elsevier. 188/189 (1/4): 74-96.<sup>74</sup>
- Ledger, D.C. 1961. Recent hydrological change in the Rima basin, northern Nigeria. *Geogr-J.* London. Royal-Geogr-Soc. 127 (4): 477-487.
- Lee, C.H.; Lee, H.S. 2005. Antifungal property of dihydroxyanthraquinones against pathogenic fungi. *J-Microbiol-Biotechnol.* Seoul. Korean-Soc-Microbiol-Biotechnol. 15 (2): 442-446.
- Lee, S-T. *et al.* 1995. A new good quality and high yielding *Cassia obtusifolia* variety. [Nongop-Kwahak-Nonmunjip] RDA-(Rural-Dev-Admin)-J-Agric-Sci. Suwon. [Taehan-Min'guk] 37 (2): 165-168. (korean.)
- Leeuw de, P.N. 1965. The role of savanna in nomadic pastoralism: Some observations from western Bornu, Nigeria. *Netherl-J-Agric-Sci.* Wageningen. Koninkl-Genootsch-Landbouw. 13 (2): 178-189.
- Leeuw de, P.N. 1974. Livestock development and drought in the Northern State of Nigeria. in: Symposium on drought. 1-Annual-Conf-NSAP, Kano. *Nigerian-J-Anim-Prod.* Ibadan. *Nigerian-Soc-Anim-Prod.* 1 (1): 61-73.
- Leeuw de, P.N.; Tothill, J.C. 1993. The concept of rangeland carrying capacity in sub-Saharan Africa – Myth or reality. in: Behnke, R.H.; Scoones, I.; Kerven, C. (eds.) *Range ecology at disequilibrium.* London. Overseas-Dev-Inst: 77-88.
- Lefroy, E.C. 2002. Forage trees and shrubs in Australia – their current use and future potential. A report of the Rural-Indust-Res-Dev-Corp. Barton. Joint-Venture-Agroforestry-Progr. 69 p.
- Legel, S. 1984. Futterwerttabellen tropischer Futtermittel. Berlin. VEB-(Volkseig-Betrieb)-DLV. Deutsch-Landwirtsch-verlag. 320 S. (Deutsch, English, Française, Español)
- Legel, S. (Hrsg.) 1989. Nutztiere der Tropen und Subtropen. Bd. I. Rinder. Leipzig. Hirzel. 467 S.

<sup>74</sup> HAPEX: Hydrol-Atmosph-Pilot-Experiment

- Legel, S. (Hrsg.) 1990a. Nutztiere der Tropen und Subtropen. Bd. II. Büffel, Kamele, Schafe, Ziegen, Wildtiere. Leipzig. Hirzel. 556 S.
- Legel, S. 1990b. Tropical forage legumes and grasses. Introductory fieldbook. Berlin. DLV. Deutsch-Landwirtsch-verlag. 335 p.
- Legère, K.; Maganga, S.; Mkwana'hembo, P. 2004. Vidunda people and their plant names. Africa & Asia. No. 4. Göteborg. Dept-Orient-Afr-Languages: 115-141.
- Lehmann, J. *et al.* 1998. Short-term effects of soil amendment with tree legume biomass on carbon and nitrogen in particle size separates in central Togo. Soil-Biol-Biochem. Oxford. Elsevier. 30 (12): 1545-1552.
- Leisinger, K.M.; Schmitt, K. (eds.) 1995. Survival in the Sahel. 's-Gravenhage. ISNAR. Int-Service-Nation-Agric-Res. 211 p.
- Leistner, O.A. 2000. Seed plants of southern Africa: Families and genera. Pretoria. Strelitzia. 10. Nation-Bot-Garden. 775 p.
- Leistner, O.A. 2005. Seed plants of southern tropical Africa: Families and genera. Supplement to Seed plants of southern Africa (Leistner 2000); covering Angola, Zambia, Zimbabwe, Malawi, and Mozambique. Pretoria. South-Afr-Bot-Diversity-Network-Report. No. 26. 494 p.
- Lely, H.V. 1925. The useful plants of northern Nigeria. London. Crown-Agents-Colonies. 1128 p.
- Lemli, J. 1986. The chemistry of senna. Fitoterapia. Milano. Elsevier. 57 (1): 33-40.
- Lenné, J.M. 1990. Diseases of *Cassia* species – A review. Trop-Grassl. St. Lucia. Trop-Grassl-Soc-Austral. 24 (4): 311-324.
- Leonard, L.T. 1925. Lack of nodule-formation in a subfamily of the *Leguminosae*. Soil-Sci. Baltimore, MD: Williams & Wilkins. 20: 165-167.
- Leonard, L.T.; Reed, H.R. 1930. A comparison of some nodule forming and non-nodule forming legumes for green manuring. Soil-Sci. Baltimore, MD: Williams & Wilkins. 30: 231-236.
- Leslie, P.W. *et al.* 1999. Synthesis and lessons. in: Little, M.A.; Leslie, P.W. (eds.) Turkana herders of the dry savanna. Ecology and biobehavioral response of nomads to an uncertain environment. Oxford. Oxford-Univ-Press. 355-374.
- Lewinsohn, T.M.; Price, P.W. 1996. Diversity of herbivorous insects and ecosystem processes. in: Solbrig, O.T. *et al.* (eds.) Biodiversity and savanna ecosystem processes. Ecol-Studies 121. Berlin. Springer: 143-157.
- Lewis, D.C.; Shibamoto, T. 1985. Isolation of myotoxic principles of *Cassia obtusifolia* seeds. Federation-Proceed. Bethesda, MD: Fed-Am-Soc-Exp-Biol. 44 (5): 1651.
- Lewis, D.C.; Shibamoto, T. 1989. Effects of *Cassia obtusifolia* extracts and anthraquinones on muscle mitochondrial function. Toxicon. Oxford. Pergamon Press. 27 (5): 519-529.

- Li, C.H. *et al.* 2004. A new anthraquinone glycoside from the seeds of *Cassia obtusifolia*. Chinese-Chem-Lett. Beijing. Chinese-Chem-Soc. 15 (12): 1448-1450.
- Li, Z.H. *et al.* 2000. Using electrolyte leakage to detect soybean (*Glycine max*) cultivars sensitive to sulfentrazone. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 14 (4): 699-704.
- Li, Y. *et al.* 2005. *In vitro* anti-*Helicobacter pylori* action of 30 Chinese herbal medicines used to treat ulcer diseases. J-Ethnopharmacol. Clare. Elsevier. 98 (3): 329-333.
- Liang, J.W. *et al.* 1995. Emodin pharmacokinetics in rabbits. Planta-Med. Stuttgart. Thieme. 61 (5): 406-408.
- Liebman, M. 2001. Weed management: A need for ecological approaches. in: Liebman, M. *et al.* Ecological management of agricultural weeds. Cambridge. Univ-Press: 1-39.
- Lienard, V. *et al.* 1992. Biologie de *Caryedon pallidus* (Oliv., 1790) (Coleoptera, Bruchidae), ravageur des graines de *Cassia occidentalis* (L.). Bull-Annales-Soc-Royale-Belge-d'Entomol. Bruxelles. Soc-Royale-Belge-d'Entomol. 128 (10-12): 339-342.
- Lienard, V. *et al.* 1993. Biological activity of *Cassia occidentalis* L. against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). J-Stored-Prod-Res. Exeter. Pergamon. 29 (4): 311-318.
- Liener, I.E. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. Crit-Rev-Food-Sci-Nutr. Boca Raton, FL: CRC-(Chem-Rubber-Co.)-Press. 34 (1): 31-67.
- Lim, S.U.; Kim, G.S.; Sa, S.M. 1992. Allelopathic inhibition by extracts and volatiles from leaf and seed of sicklepod (*Cassia tora* L.). J-Korean-Soc-Soil-Sci-Fertilizer. Suwon. [Hakhoe] 25 (2): 160-167.<sup>75</sup>
- Lim, S.U.; Moon, K.W. 1993. Physico-chemical mechanism of allelopathic inhibition by water soluble extracts from sicklepod (*Cassia obtusifolia* L.) seeds. J-Korean-Soc-Soil-Sci-Fertilizer. Suwon. [Hakhoe] 26 (3): 189-196.
- Lindig, W. (Hrsg.) 1986. Lexikon der Völker. Regionalkulturen in unserer Zeit. Sonderausgabe. München. Beck. 451 S.
- Linnaeus, C. 1753. *Species Plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivalibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. tom. I. Holmiae. (Stockholm) Imp-Laurent-Salvius. 560 p.
- Linne von Berg, G. 2001. Entwicklung und Wachstum. in: Munk, K. (Hrsg.) Grundstudium Biologie. Bd. 3. Botanik. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akad: (2)1-(2)14.
- Livesley, S.J.; Gregory, P.J.; Buresh, R.J. 2000. Competition in tree row agroforestry systems. 1. Distribution and dynamics of fine root length and biomass. Plant-Soil. Dordrecht. Kluwer. 227 (1/2): 149-161.
- Llorens, E.M. 1995. The state and transition model applied to the herbaceous layer of Argentina's calden forest. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 48 (5): 442-447.

<sup>75</sup> korrekte Benennung: *S. obtusifolia* [Anmerkung des Verfassers]

- Lock, J.M. 1988. *Cassia sens.lat. (Leguminosae–Caesalpinioideae)* in Africa. Kew-Bull. London. Her Majesty's Stationery Office. 43 (2): 333-342.
- Locke, M.A. *et al.* 1995. Foliar washoff and movement of herbicides in surface runoff. Clean water – Clean environment. Conf-Proceed. Kansas City, MO: Am-Soc-Agric-Engineer. 1: 125-28.
- Loew, D. 1995. DAZ-Einsendungen: Kein kanzerogenes Potential für Anthranoid-Laxanzien nachgewiesen. Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer. 135 (12): 1080.
- López, E.G. 1946. Ensayo geobotánico de la Guinea Continental Española. Madrid. Dirección-Agric-Territor-Españoles-Golfo-Guinea. 389 p.
- Lötschert, W.; Beese, G. 1989. Pflanzen der Tropen: 323 Zier- und Nutzpflanzen. 3. Aufl. München. BLV-(Bayr-Landwirtsch-verl.)-Verlagsgesellsch. 263 S.
- Lotter, W.D.; Hoffmann, J.H. 1998. An integrated management plan for the control of *Opuntia stricta* (Cactaceae) in the Kruger National Park, South Africa. Koedoe. Pretoria. National-Parks-Board. 41: 63-68.
- Lovett, J.L.; Friis, I. 1996. Patterns of endemism in the woody flora of North-east and East Africa. in: Maesen van der, L.J. *et al.* (eds.) The biodiversity of African plants. Proceed-XIV-AÉTFAT-Congr. Dordrecht. Kluwer: 582-601.
- Löve, Á. 1971. IOPB Chromosome number reports XXXII. Taxon. J-Int-Assoc-Plant-Taxon. Utrecht. Int-Bureau-Plant-Taxon-Nomenclature. 20 (2/3): 349-356.<sup>76</sup>
- Lowe, J. 1974. Sedges (Family *Cyperaceae*). in: Lowe, J.; Stanfield, D.P. † (eds.) in: The flora of Nigeria. Ibadan. Ibadan-Univ-Press. 144 p.
- Lowe, J. 1989. Grasses. in: Lowe, J.; Stanfield, D.P. † (eds.) The flora of Nigeria. 2<sup>nd</sup> edn. Ibadan. Ibadan-Univ-Press. 326 p.
- LPR. Land Protection Regulation. 2002. Declared pest plants for the State. NRM-(Natur-Resour-Mines)-Facts. Dept-Natur-Resour-Mines. Brisbane, Qld: 29 p.
- Lusigi, W.J.; Glaser, G. 1984. Desertification and nomadism: A pilot approach in eastern Africa. Nature-Resour. Paris. UNESCO. 20 (1): 21-31.
- LWDD. Land-Water-Dev-Division. 1964a. Soil resources map of Nigeria. Map of present productivity of soils. Based on natural fertility of soils and the use of traditional agricultural practices. Based on the soil map of Africa by CTCA. Commiss-Techn-Co-op-Afr. Roma. FAO. Scale 1 : 5000000.
- LWDD. Land-Water-Dev-Division. 1964b. Soil resources map of Nigeria. Map of soil potentialities. Based on predicted results from adequate soil management practices. Based on the soil map of Africa by CTCA. Commiss-Techn-Co-op-Afr. Roma. FAO. Scale 1 : 5000000.

<sup>76</sup> IOPB: Int-Org-Plant-Biosystematics

- Lykke, A.M. 1997. Reflections on vegetation management of sub-humid savannas. in: Reenberg, A.; Nielsen, I.; Secher Marcussen, H. The Sahel. Proceed-9-Danish-Sahel-Workshop. Århus. SEREIN-(Sudan-Sahel-Environ-Res-Initiative)-Occasion-Paper. 5: 47-66.
- Mabberley, D.J. 1998. The plant-book. A portable dictionary of the vascular plants. 2<sup>nd</sup> edn. Cambridge. Univ-Press. 858 p.
- Mackey, A.P.; Miller, E.N.; Palmer, W.A. 1997. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) in Queensland. Pest status review series – Land protection. Coorparoo, Qld: Dept-Natur-Resour-Mines-Queensland. 42 p.
- Mack, T.P.; Walker, R.H.; Wehtje, G.R. 1987. Impact of sicklepod control on several insect pests and their arthropod natural enemies in Florunner peanuts. Crop-Prot. Guildford. Butterworths. 6 (3): 185-190.
- Magaji, M.D.; Yakubu, A.I. 1992. Suggested measures for the control of *Cassia* spp. in Zamfara Reserve. Sokoto. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 3 p. (unpubl.)
- Magistad, O.C.; King, N.; Allen, O.N. 1934. A comparison of legume intercycle crops for pineapples (*Ananas comosus*). J-Am-Soc-Agron. Madison, WI: Am-Soc-Agron. 26 (5): 372-380.
- Mahmoud, A. 1985. Germination of *Cassia senna* from Saudi Arabia. J-Arid-Environ. London; New York, NY: Acad-Press. 9 (1): 39-49.
- Mahmoud, E.N.; Khalid, S.A. 1997. 5-Methyldihydroflavasiperone, a dihydronaphthopyran from *Guiera senegalensis*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 46 (4): 793-794.
- Maiga, A.S. 2001. Situation des ressources génétiques forestières du Mali. Roma. FAO. IPGRI. Int-Plant-Genet-Resour-Inst. CIRAF. Conceil-Int-Rech-Agroforest. Document: FGR/9F. 14 p.
- Mainguet, M. 1991. Desertification – Natural background and human mismanagement. Berlin. Springer. 306 p.
- Maire, R. 1933. Études sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. N° 3. Mission du Hoggar. II. Alger. 272 p.
- Maire, R. 1987. Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). 16. *Dicotyledonae: Rosales: Leguminosae (Mimosoideae, Caesalpinioideae, Papilionoideae)* en: Encyclopédie biologique. tom. LXXIII. Paris. Lechevalier. 302 p.
- Maire, R., Monod, T. 1950. Études sur la flore et la végétation du Tibesti. Mémoires-IFAN. (Inst-Franç-Afr-Noire) N° 8. Paris. Larose. 140 p.
- Makkar, H.P.; Becker, K. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity? Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 40 (1): 59-68.
- Makkar, H.P.; Blümmel, M.; Becker, K. 1997. *In vitro* rumen apparent and true digestibilities of tannin-rich forages. Anim-Feed-Sci-Technol. Amsterdam. Elsevier. 67 (2/3): 245-251.

- Malami, B.S. 2005. Balancing nutrient supply and requirement of ruminants in the Zamfara Reserve, north-western Nigeria. Thesis. Sokoto. Dept-Anim-Sci. UDU. 243 p.
- Malami, B.S. *et al.* 1998. Communal grazing of sheep and goats in the Zamfara Reserve. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 191-195.
- Malan, E. *et al.* 1996. The structure and synthesis of proguibourtinidins from *Cassia abbreviata*. Phytochem. Oxford. Elsevier. 41 (4): 1209-1213.
- Mall, L.P. 1952/53. Notes on the autecology of *Cassia tora* L. and *C. obtusifolia* L. Bull-Bot-Soc. Sagar. Univ-Sagar. (1954) 5 (1/2): 6-10.
- Malzy, P. 1954. Quelques plantes du Nord Cameroun et leurs utilisations. J-Agric-Trop-Bot-Appl. Paris. Muséum-Nation-Hist-Natur. 1 (1-4): 148-179.
- Mandango, M.A.; Bandole, M.B. 1988. Contribution à la connaissance des plantes médicinales des Turumbu de la zone de Basoko (Zaïre). in: Goldblatt, P.; Lowry, P.P. (eds.) Proceed-11-Plenary-Meeting-Assoc-Taxon-Stud-Flora-Trop-Afr. MSB: Monogr-Syst-Bot-Missour-Bot-Garden. St. Louis, MO: AÉT FAT. 25: 373-383.
- Mansfield, T.A.; Atkinson, C.J. 1990. Stomatal behavior in water stressed plants. in: Alscher, R.G.; Cumming, J.R. (eds.) Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms. Plant Biology. vol. 12. New York, NY: Wiley & Liss, Inc: 241-264.
- Manshard, W.; Mäkel, R. 1995. Umwelt und Entwicklung in den Tropen. Naturpotential und Landnutzung. Darmstadt. Wiss-Buchgesellsch. 182 S.
- Mapaura, A.; Timberlake, J.; Manyanga, P. 2005. *Fabaceae - Caesalpinioidea*. in: Mapaura, A.; Timberlake, J. (eds.) A checklist of Zimbabwean vascular plants. South-Afr-Bot-Diversity-Network-Report. 33. Pretoria: 43-44.
- Mapi, J. 1988. Contribution à l'étude ethnobotanique et analyses chimiques de quelques plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le région de Nkongsamba (Moungo). Thèse de doctorat, 3ème cycle. Université de Yaoundé.
- Marinell, G. 1998. Multivariate Verfahren. 5. Aufl. München; Wien. Oldenbourg. 238 S.
- Marquard, R. 1998. Nutritive und antinutritive Inhaltsstoffe der Leguminosen. in: Schuster, W.H. (Hrsg.) Leguminosen zur Kornnutzung. Kornleguminosen der Welt. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe II, Bd. 11: 37-54.
- Martens, J. 2003. Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. 2. völlig überarb. u. erweit. Aufl. München; Wien. Oldenbourg. 308 S.
- Marthur, M. 1985. Comparative study of epidermal structure and seed analysis of two cassia species. Geobios-New-Reports. Jodhpur. Univ-Jodhpur. 4 (1): 96-97.
- Martin, C.C. 1996 Weed control in tropical ley farming systems: A review. Austral-J-Exp-Agric. Collingwood. CSIRO. 36 (8): 1013-1023.



- Marwaha, C.L.; Sharma, M.; Katoch, B.S. 1991. Feeding value of alkali treated *Cassia* (*Cassia tora* and *C. floribunda*) seed meals for growing Jersey calves. Indian-Vet-J. Madras. Indian-Vet-Assoc. 68 (4): 387-390.<sup>77</sup>
- Mascolo, N.; Capasso, R.; Capasso, F. 1998. Senna. A safe and effective drug. Phytother-Res. Sussex. Wiley. 12 (S1): 143-145.
- Masinde, P.S. 1996. Medicinal plants of the Marachi people of Kenya. in: Maesen van der, L.J. *et al.* (eds.) The biodiversity of African plants. Proceed-XIV-AÉTFAT-Congr. Dordrecht. Kluwer: 747-753.
- Matheson, W.; Ringrose, S. 1994. Assessment of degradation features and their development into the post-drought period in the West-central Sahel using Landsat MMS. J-Arid-Environ. London; New York, NY: Acad-Press. 26 (2): 181-199.
- Maydell von, H-J. 1990. Trees and shrubs of the Sahel: Their characteristics and uses. Weikersheim. Margraf: 220-225.
- Mbende, M. *et al.* 1999. Performances du maïs (*Zea mays*) cultivé en couloirs de légumineuses arbustives à Yangambi (RD Congo). Cahiers-Agric. Montrouge. Libbey Eurotext. 8 (3): 211-213.
- McIntire, J.; Bourzat, D.; Pingali, B. 1992. Crop-livestock integration in sub-Saharan Africa. Washington, DC: World-Bank-Region-Sector-Studies. 246 p.
- McIntyre, B.D.; Riha, S.J.; Ong, C.K. 1997. Competition for water in a hedge-intercrop system. Field-Crops-Res. Amsterdam. Elsevier. 52 (1/2): 151-160.
- McLean, K.S.; Roy, K.W. 1991. Weeds as a source of *Colletotrichum capsici* causing anthracnose on tomato fruit and cotton seedlings. Canad-J-Plant-Pathol. Guelph, ON: Canad-Phytopathol-Soc. 13 (2): 131-134.
- McTainsh, G.H. 1985. The role of aeolian processes in the savanna of northern Nigeria. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) Ecology and management of the world's savannas. Canberra. CAB. 197-199.
- Medlin, C.R. *et al.* 2000. Using remote sensing to detect weed infestations in *Glycine max*. Weed-Sci. Lawrence, KS: WSSA. 48 (3): 393-398.
- MEL. Meyers Enzyklopädisches Lexikon. 1977. Bd. 21. (Sche-Sm) Mannheim. Bibliogr-Inst. Lexikonverlag. 839 S.
- Mello de, S.C. *et al.* 2000. Processo de produção do fungo *Alternaria cassiae* para biocontrole de fedegoso (*Senna obtusifolia*). Empresa-Brasil-Pesqu-Agropec. Recursos-Genet-Biotecnol. Brasília. 18: 35p.
- Menaut, J-C. 1983. The vegetation of African savannas. in: Bourlière, F. (ed.) Tropical savannas. Ecosystems of the world. vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier: 109-149.

<sup>77</sup> korrekte Benennung: *S. tora* [Anmerkung des Verfassers]

- Menaut, J.-C. *et al.* 1985. African savannas: Biological systems of humification and mineralization. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) Ecology and management of the world's savannas. Canberra. CAB: 14-33.
- Mendonça, F.A.; Torre, A.R. 1955. *Cassia*. in: Exell, A.W.; Mendonça, F.A. (eds.) Novidades da Flora de Angola IV. Bolet-Soc-Broteriana. Coimbra. Inst-Bôtan-Univ-Coimbra. sér. 2<sup>A</sup>. 29: 30-35.
- Mendonça, F.A.; Torre, A.R. 1956. 11. *Cassia* L. in: Exell, A.W.; Mendonça, F.A. (eds.) Conspectus Florae Angolensis. vol. II. [*Balsaminaceae*], *Leguminosae* (*Caesalpinioideae* – *Mimosoideae*). Lisboa. Inst-Bôtan-Coimbra. Minist-Ultram: 174-186.
- Menendez, J. *et al.* 1979. Leguminosas silvestres de Cuba. Este de las provincias orientales. Pastos-Forrajeras. Matanzas. Centro-Univ. 2 (3): 377-392.
- Mensching, H.G. 1970. Flächenbildung in der Sudan- und Sahel-Zone (Ober-Volta und Niger). Beobachtungen zum arid-morphodynamischen System und zur Morphogenese in den Randtropen Westafrikas. in: Mensching, H.G. (Hrsg.) Piedmont plains and sandformations in arid and humid tropic and subtropic regions. Zeitschr-Geomorphol. Suppl. 10. Berlin; Stuttgart. Borntraeger: 1-29.
- Mensching, H.G. 1990. Desertifikation: Ein weltweites Problem der ökologischen Verwüstung in den Trockengebieten der Erde. Darmstadt. Wiss-Buchgesellsch. 170 S.
- Mensier, P.-H. 1957. Dictionnaire des huiles végétales. Paris. édition Paul Lechevalier. 763 p.
- MEP. Ministry-Econ-Plann. 1981. Techno-economic survey of Sokoto State. Sokoto. MOCO-Nig. Ltd. 62 p.
- Merxmüller, H. 1967. *Cassia* L. in: Prodomus einer Flora von Süd-West Afrika. Bd. 59. *Caesalpinaceae*. Weinheim; New York, NY: Cramer: 8-12.
- Mesbah, H.A.; El Sherif, H.K.; El Deeb, A.S. 1985. The synergistic action of senna-glycosides combined with certain insecticides against the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* Boisd. Ann-Agric-Sci. Moshtohor. Fac-Agric. Zagazig-Univ. (1988) 23 (1): 373-380.
- Meyer, E.H. 1835. *Commentariorum de plantis Africae australioris, quas per octo annus collegit observationibusque manuscriptis illustravit* J.F. Drege. vol. I. fasc. 1. Leipzig. Voss. 172 p.
- Michael, T. *et al.* 2005. Diercke Weltatlas. Braunschweig. Westermann. 275 S.
- Middleton, N.J.; Thomas, D.S. 1992. World atlas of desertification. London. UNEP. United-Nation-Environ-Progr. Arnold. (A division of Hodder & Stoughton) 69 p.
- Milas, S. 1984. Population crisis and desertification in the Sudano-Sahelian region. Environ-Conserv. Lausanne. Elsevier Sequoia. 11 (2): 167-169.
- Miller, D. 1997. Range management and pastoralism. New perspectives and their implications. Kathmandu. ICIMOD. Int-Centre-Integr-Mountain-Dev. Rangelands-Newsletter. 27: 3-6.

- Miller, M.F. 1996. Dispersal of acacia seeds by ungulates and ostriches in an African savanna. *J-Trop-Ecol. Cambridge. Cambridge-Univ-Press.* 12 (3): 345-356.
- Milton, S.J. *et al.* 1994. A conceptual model of arid rangeland degradation. *Bioscience.* Washington, DC: Am-Inst-Bio-Sci. 44 (2): 70-76.
- Minelle, J. 1959. *L'Agriculture à Madagascar.* Paris. Libraire Marcel Rivière et C<sup>ie</sup>. 379 p.
- Minson, D.J. 1981. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. in: Morley, F.H. (ed.) *Grazing animals.* World Animal Science. B1. Amsterdam. Elsevier: 143-158.
- Miralles, J.; Gaydou, E.M. 1986. Composition en acides gras et en stérols des huiles extraites des graines de trois *Cassia* (Caesalpiniacées) d'origine sénégalaise. Note de laboratoire. *Rev-Franç-Corps-Gras.* Paris. Inst-Corps-Gras. 33 (10): 381-384.
- Miralles, J.; Pares, Y. 1980. Composition en acides gras de quelques huiles extraites de graines provenant des plantes du Sénégal. *Rev-Franç-Corps-Gras.* Paris. Inst-Corps-Gras. 27 (8-9): 393-396.
- Misra, R.; Singh, K.; Singh, J. 1968. Role of provenance trials in the study of population differentiation. *Bull-Bot-Survey-India.* Howrah. Bot-Survey-India. 10 (3/4): 312-318.
- Mohammed, Inuwa. 1974. The drought in Nigeria: Causes, control and prevention. in: Symposium on drought. 1-Annual-Conf-NSAP, Kano. *Nigerian-J-Anim-Prod.* Ibadan. *Nigerian-Soc-Anim-Prod.* 1 (1): 50-53.
- Mohammed, Isiyaka. 2000. Study of the integration of the dromedary in the smallholder crop-livestock production systems in northwestern Nigeria. Thesis. Göttingen. Cuvillier. 228 p.
- Mohan, V.R.; Janardhanan, K. 1995. Chemical determination of nutritional and antinutritional properties in tribal pulses. *J-Food-Sci-Technol.* Mysore. *Assoc-Food-Sci-Technol-India.* 32 (6): 465-469.
- Mohler, C.L. 2001a. Weed evolution and community structure. in: Liebman, M. *et al.* *Ecological management of agricultural weeds.* Cambridge. Univ-Press: 444-493.
- Mohler, C.L. 2001b. Weed life history: identifying vulnerabilities. in: Liebman, M. *et al.* *Ecological management of agricultural weeds.* Cambridge. Univ-Press: 40-98.
- Mohr, H.; Schopfer, P. 1992. *Pflanzenphysiologie.* 4. neubearb. Aufl. Berlin. Springer. 659 S.
- Mondal, A.K.; Parui, S.; Mandal, S. 2000. Molecular taxonomy of the genus *Cassia* L. based on seed protein and mitochondrial DNA RFLP. *Phytomorphol.* Delhi. *Int-Soc-Plant-Morphol.* 50 (1): 15-25.
- Monod, T. 1952. Notes sur la flore du Plateau Bautchi (Nigéria). en: Monod, T.; Schnell, R. *Mélanges botaniques. Mémoires-IFAN.* Inst-Franç-Afr-Noire. Dakar. N° 18: 9-37.
- Moore, K.M. *et al.* 2005. Conflict and agropastoral development in the Sahel. in: Moore, K.M. (ed.) *Conflict, social capital and managing natural resources: A West African case study.* Wallingford. CABI Publ. (A division of CAB-Int.): 1-21.

- Moore, R.J. (ed.) 1973. Index to plant chromosome numbers for 1967-1971. Utrecht. Int-Bureau-Plant-Taxon-Nomenclature. 539 p.
- Mortimore, M. 2000. Hard questions for 'pastoral development': A northern Nigerian perspective. in: Tielkes, E.; Schlecht, E.; Hiernaux, P. (eds.) *Elevage et gestion de parcours au Sahel, implications pour le développement*. Stuttgart. Grauer: 101-114.
- Mosango, M. 1999. Chemical characteristics of six woody species for alley cropping. *Tropicultura*. Bruxelles. Agri-Overseas. 16/17 (2): 93-95.
- Moughalu, J.I.; Isichei, A.O. 1991. Effect of tree canopy cover on the yield, crude protein and fibre content of forb species in Nigerian Guinea savanna. *Vegetatio*. Dordrecht. Kluwer. 95 (2): 167-175.
- MRST. Minist-Rech-Sc-Techn. 1995/96. Cameroun: Rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phytogénétiques. Yaoundé; Leipzig. FAO. 84 p.
- Mugasha, A.G.; Wate, P.A.; Chamshama, S.A. 1998. Fourteen year performance of *Eucalyptus* sp. provenances, *Casuarina equisetifolia*, *Leucaena leucocephala* and *Senna siamea* at Michafutene, Mozambique. *South-Afr-Forestry-J*. Pretoria. South-Afr-Inst-Forestry. 182: 27-40.
- Mühlenberg, M. 1993. *Freilandökologie*. 3. überarb. Aufl. Heidelberg. UTB. Uni-Taschenbücher. Quelle & Meyer. 512 S.
- Muhr, L. *et al.* 2001. Acceptability of forage legumes for improved fallows – First experiences of agro-pastoralists in subhumid Southwest Nigeria. *Exp-Agric*. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 37 (4): 495-507.
- Müller-Hohenstein, K. 1979. *Die Landschaftsgürtel der Erde*. Teubner-Studienbücher-Geogr. Stuttgart. 204 S.
- Müller, S.O. *et al.* 1999. Occurrence of emodin, chrysophanol and physcion in vegetables, herbs and liquors. Genotoxicity and anti-genotoxicity of the anthraquinones and of the whole plants. *Food-Chem-Toxicol*. Oxford. Pergamon. Brit-Indust-Biol-Res-Assoc. 37 (5): 481-491.
- Müller, W. 2002. GVO freie Bewirtschaftungsgebiete: Konzeption und Analyse von Szenarien und Umsetzungsschritten. Endbericht. Strobl. Umweltressort des Landes Oberösterreich. 107 S.
- Muir, J.P. 1993. Establishment and early persistence of 10 forage legumes under 3 grazing regimes in southern Mozambique. *Afr-J-Range-Forage-Sci*. Scottsville. Grassl-Soc-South-Afr. 10 (3): 135-39.
- Mupangwa, J.F. 1996. Pasture seed production of promising grasses and legumes at Domboshawa, Zimbabwe. Ndikumana, J.; Leeuw de, P.N. (eds.) *AFRNET. Afr-Feed-Resour-Network*. Nairobi. Sustainable feed production and utilisation for small-holder livestock enterprises in sub-Saharan Africa. Proceed-Workshop.
- Mupangwa, J.F. *et al.* 1997. Chemical composition and dry matter degradability profiles of forage legumes. *Anim-Feed-Sci-Technol*. Amsterdam. Elsevier. 69 (1-3): 167-178.

- Mupangwa, J.F. *et al.* 2000a. Content of soluble and bound condensed tannins of three tropical herbaceous forage legumes. *Anim-Feed-Sci-Technol.* Amsterdam. Elsevier. 83 (2): 139-144.
- Mupangwa, J.F. *et al.* 2000b. Dry matter intake, apparent digestibility and excretion of purine derivatives in sheep fed tropical legume hay. *Small-Rumin-Res.* Amsterdam. Kluwer. 36 (3): 261-268.
- Mupangwa, J.F. *et al.* 2000c. Effects of supplementing a basal diet of *Chloris gayana* hay with one of three protein-rich legume hays of *Cassia rotundifolia*, *Lablab purpureus* and *Macroptilium atropurpureum* forage on some nutritional parameters in goats. *Trop-Anim-Health-Prod.* Dordrecht. Kluwer. 32 (4): 245-256.
- Mupangwa, J.F. *et al.* 2003. Rumen degradability and post-ruminal digestion of dry matter, nitrogen and amino acids in three tropical forage legumes estimated by the mobile nylon bag technique. *Livestock-Prod-Sci.* Amsterdam. Elsevier. 79 (1): 37-46.
- Murphy, A.M.; Colucci, P.E. 1999. A tropical forage solution to poor quality ruminant diets: A review of *Lablab purpureus*. *Livestock-Res-Rural-Dev.* Cali. CIPAV. Centro-Investig-Sistem-Sosten-Prod-Agropec. 11 (2): 237-255.
- Murphy, T.R.; Gossett, B.J.; Toler, J.E. 1986. Dormancy and field burial of cowpea (*Vigna unguiculata*) seed. *Weed-Sci.* Champaign, IL: WSSA. 34 (2): 260-265.
- Murray, J. (Hrsg.) 1998. Bildatlas der Weltkulturen. Afrika. Kunst, Geschichte und Lebensformen. gen. Lizenzausgabe für Weltbild. Augsburg. Bechtermütz. 240 S.
- Mutasa, S.L.; Khan, M.R.; Jewers, K. 1990. Methylphyscion and cassiamin A from the root bark of *Cassia singueana*. *Planta-Med. J-Med-Plant-Res.* Stuttgart. Thieme. 56 (2): 244-245.
- Muyibi, S.A. *et al.* 2000. Haematological and histopathological changes of *Cassia occidentalis* leaf extracts in rats. *Nigerian-J-Natur-Prod-Med.* Ile Ife. Nigerian-Soc-Pharm. 4: 37-42.
- Nacoulma-Ouedraogo, O.; Millogo-Rasolodimby, J.; Guinko, S. 1997/98. Les plantes herbacées dans la thérapie des piqûres d'insectes. *Rev-Méd-Pharmacopées-Afr.* Eysines. Group-Rech-Inform-Pharmacop-Environ-Trop. 11/12: 165-176.
- Nagabhushana, G.G.; Worsham, A.D.; Yenish, J.P. 2001. Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agricultural systems. *Allelopathy-J. Hisar. Int-Allelop-Found.* 8 (2): 133-146.
- Nagel, P. 2002. Zusammenfassung der Vorlesung Umweltprobleme der Tropen. Basel. Inst-Natur-Landschafts-Umweltschutz. 44 S.
- NAS. Nation-Acad-Sci. 1979. Tropical legumes. Resources for the future. Washington, DC: 123-207.
- Nastis, A. 1994. Drought tolerance plant evaluation of specific species. Thessaloniki. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. 12 p. (unpubl.)

- Natho, G.; Müller, C.; Schmidt, H. 1990. Wörterbücher der Biologie – Morphologie und Systematik der Pflanzen Teil 1-2. Jena; Stuttgart. Fischer. UTB. Uni-Taschenbücher. 852 S.
- Naumann, C.; Bassler, R. 1988. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. in: Bassler, R. (Hrsg.) Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethoden. Bd. III. 3. Aufl. Darmstadt. VDLUFA. Verband-Deutsch-Landwirtsch-Untersuch-Forsch-anstalt. lose Blattaussage.
- Neldner, V.J. *et al.* 1997. The natural grasslands of Cape York Peninsula, Australia. Description, distribution and conservation status. Biol-Conserv. Barking. Elsevier. 81 (1/2): 121-136.
- Nel, R.J. *et al.* 1999. The novel flavan-3-ol, (2R,3S)-guibourtinidol and its diastereomers. Phytochem. Oxford. Elsevier. 52 (6): 1153-1158.
- Neuwinger, H.D. 1998. Afrikanische Arzneipflanzen und Jagdgifte: Chemie, Pharmakologie, Toxikologie; Ein Handbuch für Pharmazeuten, Mediziner, Chemiker und Biologen. 2. neubarab. u. erw. Aufl. Stuttgart. Wiss-Verlagsgesellschaft. 960 S.
- New, M.G. *et al.* 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. Climate-Res. Int-Multidisciplin-J. Oldendorf/Luhe. Inter-Res. 21 (1): 1-25.
- Newsom, L.J.; Shaw, D.R. 1994a. Effects of rain-free intervals and herbicide rate on sicklepod (*Cassia obtusifolia*) control and absorption with AC 263,222. Weed-Technol. Champaign, IL: WSSA. 8 (3): 621-624.
- Newsom, L.J.; Shaw, D.R. 1994b. Influence of cultivation timing on weed control in soybean (*Glycine max*) with AC 263,222. Weed-Technol. Champaign, IL: WSSA. 8 (4): 760-765.
- Newsom, L.J.; Shaw, D.R. 1996. Cultivation enhances weed control in soybean (*Glycine max*) with AC 263,222. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 10 (3): 502-507.
- Ngere, L.O. 1975. The improvement of livestock in Nigeria through breeding. Nigerian-J-Anim-Prod. Ibadan. Nigerian-Soc-Anim-Prod. 2 (1): 36-43.
- Niang, A. 1987. Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle mauritanienne. Thèse pour le doctorat en médecine vétérinaire. École nationale de Médecine vétérinaire. Sidi Thabed. 156 p.
- Nice, G.R.; Buehring, N.W.; Shaw, D.R. 2001. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) response to shading, soybean (*Glycine max*) row spacing, and population in three management systems. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 15 (1): 155-162.
- Nicholson, S.S.; Thornton, J.T.; Rimes, A.J. Jr 1977. Toxic myopathy in dairy cattle caused by *Cassia obtusifolia* in greenchop. Bovine-Practitioner. Stillwater, OK: Am-Assoc-Bovine-Pract. 12: 120.
- Nicholson, S.S.; Flory, W.; Ruhr, L.P. 1985/86. Sicklepod poisoning in cattle: A new development. Techn-Bull. Louisiana-Agric-Exp-Stn. Baton Rouge, LA: Agric-Exp-Station. 29 (2): 18-19.
- Nickell, L.G. 1959. Antimicrobial activity of vascular plants. Econ-Bot. New York, NY: Soc-Econ-Bot. NY-Bot-Garden. 13 (2): 281-318.

- Niekerk van, W.A. *et al.* 2004a. Interspecies and location variation in oxalic acid concentrations in certain *Atriplex* species and *Cassia sturtii*. South-Afr-J-Anim-Sci. Hatfield. South-Afr-Soc-Anim-Sci. 34 (S1): 101-105.
- Niekerk van, W.A. *et al.* 2004b. Mineral composition of certain *Atriplex* species and *Cassia sturtii*. South-Afr-J-Anim-Sci. Hatfield. South-Afr-Soc-Anim-Sci. 34 (S1): 105-108.
- Niekerk van, W.A. *et al.* 2004c. Qualitative characteristics of some *Atriplex* species and *Cassia sturtii* at two sites in South Africa. South-Afr-J-Anim-Sci. Hatfield. South-Afr-Soc-Anim-Sci. 34 (S1): 108-110.
- Nix, H.A. 1983. Climate of tropical savannas. in: Bourlière, F. (ed.) Tropical savannas. Ecosystems of the world vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier: 37-61.
- Nkongmeneck, B.A. *et al.* 2000. Voies de recours thérapeutiques du diabète et plantes utilisées par les diabétiques au Cameroun: Cas de Yaoundé et ses environs. Rev-Méd-Pharmacopées-Afr. Eysines. Group-Rech-Inform-Pharmacop-Environ-Trop. 14: 89-98.
- Noitsakis, B.; Nastis, A. 1998. Evaluation of drought tolerance in two herbaceous species from the Sudano-Sahelian zone. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 73-78.
- Norsworthy, J.K.; Oliver, L.R.; Purcell, L.C. 1999. Diurnal leaf movement effects on spray interception and glyphosate efficacy. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 13 (3): 466-470.
- NRM-(Natural-Resour-Mines)-Facts. 2001a. Pest series. Declared plants of Queensland. Dept-Natur-Resour-Mines. Brisbane, Qld: Land-Protection. #QNRM01218: 4p.
- NRM-(Natural-Resour-Mines)-Facts. 2001b. Pest series. Sicklepod – Arsenic weed or Java bean: *Senna obtusifolia* and *Senna tora* – declared. Dept-Natur-Resour-Mines. Brisbane, Qld: Land-Protection. #QNRM01235: 3 p.
- Nwafor, C.U. 2002. Farmers perception of intensive feed gardens: A case study of the central and lower river divisions in The Gambia. Livestock-Res-Rural-Dev. Cali. CIAT. Centro-Int-Agric-Trop. 14 (5): on-line-edition. 13 p.
- Nwalozi, M.C. *et al.* 1994. Morphogenetic variations in cowpea leaves in response to treatment with aqueous extract of *Cassia alata* L. J-Herbs-Spices-Med-Plants. Binghamton, NY: Food-Prod. Haworth-Press. 2 (3): 33-39.
- Nwude, N.; Ibrahim, M.A. 1980. Plants used in traditional veterinary medical practice in Nigeria. J-Vet-Pharmacol-Therapeut. Oxford. Assoc-Vet-Clinical-Pharm-Therapeut. 3: 261-273.
- Oba, G. *et al.* 2003. Scale-dependant effects of grazing on rangeland degradation in northern Kenya: A test of equilibrium and non-equilibrium hypotheses. Land-Degrad-Dev. Chichester. Wiley. 14 (1): 83-94.
- Oberdoerffer, M.J. 1938. Heilpflanzen aus der Volksmedizin Nigerias. Tropenpflanzer. Zeitschr-Gesamtgebiet-Land-Forstwirtschaft-warmer-Länder. Berlin. Organ-Kolon-Wirtsch-Komitees. 41: 20-27.

- O'Connor, T.G. 1995. Transformation of a savanna grassland by drought and grazing. *Afr-J-Range-Forage-Sci.* Scottsville. Grassl-Soc-South-Afr. 12 (2): 53-60.
- Odamtten, G.T. *et al.* 2001. Conservation and cultivation of medicinal plants in Ghana. Accra. Univ-Ghana. 111 p.
- Ogunti, E.O. *et al.* 1991. Antimicrobial activity of *Cassia alata*. *Fitoterapia.* Milano. Elsevier. 62: 537-539.
- Ojewole, J.A.; Rahim, S.; Shode, F.O. 2000. Mosquito larvicidal properties of aqueous extract of *Senna didymobotrya*. *Nigerian-J-Natur-Prod-Med.* Ile Ife. Nigerian-Soc-Pharm. 4: 46-47.
- Okafor, J.I.; Eze, E.A.; Njoku, O.U. 2001. Antifungal activities of the leaves of *Baphia nitida*, *Cassia alata*, *Ficus exasperata* and *Gossypium arboreum*. *Nigerian-J-Natur-Prod-Med.* Ile Ife. Nigerian-Soc-Pharmacogn. 5: 61-65.
- Okeagu, M.U. 1990. The agronomy of newly introduced grass pastures in the northern Guinea Savanna zone of Nigeria. 2. *Chloris gayana* (Kunth). *World-Rev-Anim-Prod.* Roma: Int-Publ-Enterprises. 25 (1): 53-56.
- Okigbo, B.N. 1985. Land use and production potentials of African savanna. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) *Ecology and management of the world's savannas.* Canberra. CAB: 95-107.
- Okogun, J.A.; Sanginga, N.; Mulongoy, K. 2000. Nitrogen contribution of five leguminous trees and shrubs to alley cropped maize. *Agroforestry-Syst.* Dordrecht. Kluwer. 50 (2): 123-136.
- Okoruwa, V.; Jabbar, M.A.; Akinwumi, J.A. 1996. Crop-livestock competition in the West African derived savanna: Application of a multi-objective programming model. *Agric-Syst.* Oxford. Elsevier. 52 (4): 439-453.
- Oladipo, E.O. 1988. Drought in Africa. Savanna. *J-Environ-Social-Sci.* Zaria. Ahmadu-Bello-Univ-Publ. 9 (2): 64-79.
- Oliver, B. 1959a. Nigeria's useful plants. II: Medicinal plants. (1) *Nigerian-Field.* J-Nigerian-Field-Soc. London. Arthurs Press, Ltd. 24 (1): 13-34.
- Oliver, B. 1959b. Nigeria's useful plants. II: Medicinal plants. (2) *Nigerian-Field.* J-Nigerian-Field-Soc. London. Arthurs Press, Ltd. 24 (2): 54-71.
- Oliver, D. 1871. *Cassia*, Linn. in: Oliver, D. *et al.* *Flora of tropical Africa.* vol. II: *Leguminosæ* to *Ficoideæ*. London. Reeve & Co: 268-282.
- Oliver, L.R.; Bararpour, M.T. 1998. Effect of tillage on *Senna obtusifolia* and *Xanthium strumarium* population, interference and seed bank. in: Keisling, T.C. (ed.) *Proceed-21-Annual-South-Conserv-Tillage-Conf-Sustain-Agric.* Fayetteville, AR: Univ-Arkansas. Arkansas-Agric-Exp-Stn-Spec-Report. 186: 83-86.
- Oliver, R.; Njiti, C.F.; Harmand, J.M. 2000. Analyse de la durabilité de la fertilité acquise suite a des jachères arborées au Cameroun du Nord. *Étud-Gestion-Sols.* Ardon. Assoc-Franç-l'Étud-Sol. 7 (4): 287-308.



- Omer, S.A. *et al.* 1992. Toxicological interactions of *Abrus precatorius* and *Cassia senna* in the diet of Lohmann broiler chicks. *Vet-Hum-Toxicol.* Manhattan, KS: Am-College-Vet-Toxicol. 34 (4): 310-13.
- Omolehin, A.R. 2005. Socio-economic analysis of crop-livestock integration in north-western Nigeria savannah: A case study of Zamfara Grazing Reserve. in: Doppler, W.; Bauer, S. (eds.) *Farming and rural systems economics*. vol. 66. Weikersheim. Margraf Publ. 180 p.
- Ong, C.K. *et al.* 1998. Exploring below ground complementarity in agroforestry using sap flow and root fractal techniques. *Agroforestry-Syst.* Dordrecht. Kluwer. 44 (1): 87-103.
- Opitz von Boberfeld, W. 1994. *Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen.* Stuttgart. Ulmer. UTB-(Uni-Taschenbücher)-Wiss. 1770. 336 S.
- Ormerod, W.E. 1978. The relationship between economic development and ecological degradation: How degradation has occurred in West Africa and how its process might be halted. *J-Arid-Environ.* London; New York, NY: Acad-Press. 1 (4): 357-379.
- Ottow, J.C. 1985. Pesticides – contamination, self-purification and fertility of soils. *Plant-Res-Dev.* Tübingen. Inst-Sci-Co-op. 21: 7-26.
- Owens, S.J.; Lewis, G.P. 1989. Taxonomic and functional implications of stigma morphology in species of *Cassia*, *Chamaecrista*, and *Senna* (*Leguminosae: Caesalpinioideae*). *Plant-Syst-Evol.* Wien. Springer. 163 (1/2): 93-105.
- Paganucci de Queiroz, L. 2002. *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby. in: *Leguminosas da caatinga da Bahia com potencial forrageiro*. on-line-publ. <http://umbruzeiro.cnip.org.br>
- Paik, S.B.; Noel, G.R. 1993. Evaluation of sicklepod (*Cassia* spp.) as antagonists for control of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) on soybean. *Korean-J-Plant-Pathol.* Suwon. *Korean-Soc-Plant-Pathol.* 9 (3): 185-190.
- Palayer, P. 1977. *Lexique de plantes du pays Sar. Plantes spontanées et cultivées.* tom. 2. Sarh. UNESCO. 78 p.
- Pallut, B. *et al.* 2002. Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung. in: Zwerger, P.; Ammon, H.U. (Hrsg.) *Unkraut – Ökologie und Bekämpfung.* Stuttgart. Ulmer. Verlag-Union-Agrar. 105-237.
- Palmer, E.; Pitman, N. 1961. *Trees of South Africa.* Amsterdam; Cape Town. Balkema. 352 p.
- Palmer, W.A.; Pullen, K.R. 2001. The phytophagous arthropods associated with *Senna obtusifolia* in Mexico and Honduras. *Biol-Control.* San Diego, CA: Acad-Press. 20 (1): 76-83.
- Pålsson, K.; Jaenson, T.G. 1999. Plant products used as mosquito repellents in Guinea Bissau. *Acta-Trop.* Amsterdam. Elsevier. 72 (1): 39-52.

- Pandit, N.N.; Singh, J.; Bhattacharjee, D.K. 1979. Impact of feeding chakwar (*Cassia tora*) seed on the growth of broilers chickens. Indian-J-Poult-Sci. Katnagar. Indian-Poultry-Sci-Assoc. 14 (3): 176-78.<sup>78</sup>
- Papadakis, J. 1965. Crop ecologic survey in West Africa. (Liberia, Ivory Coast, Ghana, Togo, Dahomey, Nigeria) vol. II – Atlas. Roma. FAO. 22 p.
- Paris, R.; Chartier, J. 1948. Sur le „naë-niaye“ (*Cassia podocarpa* Guill. et Perr.), drogue d'A.O.F. voisine des sénéés officinaux. Annales-Pharmaceut-Franç. Paris. Masson. Soc-Sc-Pharm-Province. 6: 30-35.<sup>79</sup>
- Parry, O.; Matambo, C. 1992. Some pharmacological actions of *Aloe* extracts and *Cassia abbreviata* on rats and mice. Centr-Afr-J-Med. Salisbury. 38 (10): 409-414.
- Patel, B.M.; Patel, C.A.; Shukla, P.C. 1971. Evaluation of *Cassia tora* seeds in partial replacement of concentrate mixture from the ration of milch cows. Indian-J-Anim-Sci. New Delhi. Indian-Council-Agric-Res. 41 (11): 1031-1034.<sup>78</sup>
- Paterson, R.T.; Clinch, N.J. 1993. Use of trees by livestock. pt. 6: *Cassia*. Chatam. Natural-Resour-Inst. Overseas-Dev-Admin. 18 p.
- Patro, G.K.; Nanda, K.C. 1988. Weed flora in rice in Bhubaneswar (Orissa, India). Int-Rice-Res-Newsletter. Manila. IRRI. Int-Rice-Res-Inst. (1989) 13 (5): 36.
- Patterson, D.T. 1993. Effects of temperature and photoperiod on growth and development of sicklepod (*Cassia obtusifolia*). Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 41 (4): 574-582.
- Patterson, D.T.; Flint, E.P. 1982. Interacting effects of CO<sub>2</sub> and nutrient concentration on *Cassia obtusifolia*, *Crotalaria spectabilis*. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 30 (4): 389-394.
- Pätzold, H. 1978. Grasland und Feldfutterbau. in: Franke, G. (Hrsg.) Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Bd. III. Leipzig. Hirzel. 454 S.
- Paudel, K.P. *et al.* 1998. Economic decision making using enterprise budgeting and statistical analysis: An illustration in weed control practices in peanut production. J-Prod-Agric. Madison, WI: Am-Soc-Agron. 11 (1): 48-52.
- Paulsgrove, M.D. *et al.* 1998. Buctril and MSMA combinations for sicklepod (*Senna obtusifolia*) management in BXN cotton. Proceed-Beltwide-Cotton-Conf. Memphis, TN: Nation-Cotton-Council-Am. 1: 854-855.
- Pauwels, L. 2005a. *Acanthaceae - Zingiberaceae*. Cultivated and/or exotic plants in Central Africa (DR Congo, Rwanda, Burundi). Kisanu. 78 p.
- Pauwels, L. 2005b. Spermatophyta des environs de Kinshasa (DR Congo, Afrique). Kisanu. 70 p.
- Payer, M. 1998. Materialien zur Forstwissenschaft. Kap. 2: Das Ökosystem Wald. Anhang 1: Zur Bodenkunde. on-line-publ. <http://www.payer.de>

<sup>78</sup> korrekte Benennung: *S. tora* [Anmerkung des Verfassers]

<sup>79</sup> Afrique Occidentale Française

- Paynter, Q. *et al.* 2003. Worth the risk? Introduction of legumes can cause more harm than good: an Australian perspective. *Austral-Syst-Bot.* Melbourne, Vic. CSIRO. 16 (1): 81-88.
- Pegram, R.G. *et al.* 1993. Tick control: New concepts. *World-Anim-Rev. Quart-J-Anim-Health-Prod-Products.* Roma. FAO. 74/75 (1-2): 2-11.
- Pellegrin, F. 1947. Légumineuses africaines nouvelles. *Bull-Bot-Soc-France.* Paris. sér. 5. 94: 5-6.
- Peltier, R. 1988. Résultats des essais sylvicoles de la recherche forestières. Mesures de 1987-1988. Rapport. IRA-CRF. (Inst-Rech-Agron-Cameroun, Centre-Rech-Forest.) Maroua. 241 p.
- Penaflorida, V.D. 2002. Evaluation of plant proteins as partial replacement for animal proteins in diets of *Penaeus indicus* and *P. merguensis*. *Israeli-J-Aquacult. Bamidgeh. Nir-David. Lab-Res-Fish-Diseases.* 54 (4): 116-124.
- Perkins, W.A.; Stembridge, J.H. 1962. Nigeria. A descriptive geography. 2<sup>nd</sup> edn. London; Ibadan. Oxford-Univ-Press. 186 p.
- Pernet, R. 1957. Les plantes médicinales malgaches. Catalogue de nos connaissances chimiques et pharmacologiques. *Mémoires-Inst-Sc-Madagascar. sér. B. Biologie Végétale.* Paris. Inst-Sc-Madagascar. tom. VIII: 1-144.
- Pernet, R.; Meyer, G. 1957. Pharmacopée de Madagascar. Tananarive/Tsimbazza. Publ-Inst-Rech-Sc. 86 p.
- Perrier, G. 1996. New directions in range management planning in Africa. in: Scoones, I. (ed.) *Living with uncertainty: New directions in pastoral development in Africa.* London. Inter-med-Technol-Publ: 47-57.
- Persoon, C.H. 1805. *Synopsis Plantarum, seu enchiridium botanicum, complectens enumerationem systematicam specierum hucusque cognitarum.* p.1. Paris; Tübingen. Cramer; Cottam. 546 p.
- Pestemer, W. 1986. The dynamics of herbicides in the soil. *Plant-Res-Dev.* Tübingen. Inst-Sci-Co-op. 23: 31-44.
- Peters, C.R.; O'Brien, E.M.; Drummond, R.B. 1992. Edible wild plants of sub-Saharan Africa: An annotated checklist, emphasizing the woodland and savanna floras of eastern and southern Africa, including the plants utilized for food by chimpanzees and baboons. Kew. Royal-Bot-Gardens. 239 p.
- Peters, M. 1992. Evaluierung von tropischen Weideleguminosen für fodder banks im sub-humiden Nigeria. Diss. Giessen. 219 S.
- Peters, M.; Tarawali, S.A.; Alkämper, J. 1994. Evaluation of tropical pasture legumes for fodder banks in subhumid Nigeria. 1. Accessions of *Centrosema brasilianum*, *Centrosema pascuorum*, *Chamaecrista rotundifolia* and *Stylosanthes hamata*. *Trop-Grassl. St. Lucia. Trop-Grassl-Soc-Austral.* 28 (2): 65-73.

- Peters, M.; Tarawali, S.A.; Schultze-Kraft, R. 2000. Relative palatability and seasonal agronomic performance of selected pasture legumes for species mixtures in dry-subhumid West Africa. *Exp-Agric. Cambridge. Cambridge-Univ-Press.* 36 (3): 353-368.
- Peyre de Fabrègues, B. 1986. Agropastoralisme et végétation. en: CTA. Centre-Techn-Coop-Agric-Rurale. Élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques – Niger. Wageningen. IEMVT. Inst-Élevage-Méd-Vét-Pays-Trop: 5-7.
- Phiri, P.S. 2005. A checklist of Zambian vascular plants. *South-Afr-Bot-Diversity-Network-Report.* 32. Pretoria. 169 p.
- Phombeya, H.S.; Saka, A.R.; Jones, R.B. 1996. Screening multi-purpose tree species for hedgerow intercropping on the mid-altitude plateau of central Malawi. in: Waddington, S.R. (ed.) *Research results and network outputs in 1994/95.* Harare. Centro-Int-Mejoram-Maiz-Trigo: 41-44.
- Pidwirny, M. 2004. Fundamentals of physical geography. Chapter 7: Introduction to the atmosphere. (v) Climate classification and climate regions of the world. Dept-Geogr. Okanagan Univ-College. Kelowna, BC: on-line publ. [www.physicalgeography.net](http://www.physicalgeography.net)
- Pitelli, R.A.; Charudattan, R.; Valerio de, J.T. 1998. Effect of *Alternaria cassiae*, *Pseudocercospora nigricans*, and soybean (*Glycine max*) planting density on the biological control of sicklepod (*Senna obtusifolia*). *Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA.* 12 (1): 37-40.
- Poethke, W.; Anand, R.D.; Loescher, K.-D. 1968. Zur chromatographischen Charakterisierung der Inhaltsstoffe der Samen von *Cassia tora* L. *Pharmazeut-Zentralhalle-Deutschl. Dresden; Leipzig.* 107 (8): 571-578.<sup>80</sup>
- Pole Evans, I.B. 1948. Roadside observations on the vegetation of East and Central Africa. Pretoria. *Bot-Survey-Memoir.* 22. Dept-Agric. Govt-Printer. 305 p.
- Polhill, R.M. 1990. Légumineuses. en: Bosser, J. *et al.* (éd.) *Flore du Mascareignes: La Réunion, Maurice, Rodrigues.* tom. 80. Mauritius. Sugar-Indust-Res-Inst. 235 p.
- Polhill, R.M.; Thulin, M. 1989. *Caesalpinioideae.* in: Hedberg, I.; Edwards, S. (eds.) *Flora of Ethiopia.* vol. 3. *Pittosporaceae to Araliaceae.* Addis Ababa; Asmara; Uppsala. National Herbarium: 49-70.
- Poppi, D.P.; McLennan, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J-Anim-Sci. Champaign, IL: Am-Soc-Anim-Sci.* 73 (1): 278-290.
- Porter, C.L. 1959. *Taxonomy of flowering plants.* San Francisco, CA: Freeman & Co: 452 p.
- Poschlod, P. 1991. Diasporenbanken in Böden – Grundlagen und Bedeutung. in: Schmid, B.; Stöcklin, J. (Hrsg.) *Populationsbiologie der Pflanzen.* Basel. Birkhäuser: 15-35.
- Powell, J.M.; Waters-Bayer, A. 1985. Interaction of livestock husbandry and cropping in a West African savanna. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) *Ecology and management of the world's savannas.* Canberra. CAB: 252-255.

<sup>80</sup> *S. obtusifolia* wird als syn. von *S. tora* behandelt [Anmerkung des Verfassers]

- Prevett, P.F. 1965. The genus *Caryedon* in northern Nigeria, with description of six new species. *Annales-Soc-Entomol-France*. Paris. (N.S.) 1 (3): 523-547.
- Prins, H.H.; Jeugd van der, H.P. 1993. Herbivore population crashes and woodland structure in East Africa. *J-Ecol*. Oxford. Blackwell Scientific Publ. 81 (2): 305-314.
- Prothero, R.M. 1962. Some observations on desiccation in north-western Nigeria. *Erdkunde*. *Archiv-wiss-Geogr*. Bonn. Dümmlers. 16 (1/4): 111-119.
- Pueppke, S.G.; Broughton, W.J. 1999. *Rhizobium* sp. Strain NGR 234 and *R. fredii* USDA 275 share exceptionally broad, nested host ranges. *Molec-Plant-Microbe-Interactions*. New York, NY: Am-Phytopathol-Soc. MacMillan. 12 (4): 293-315.
- Pullan, R.A. 1970. The soils, soil landscapes and geomorphological evolution of a meta-sedimentary area in northern Nigeria. Research paper No. 6. Dept-Geogr-Univ-Liverpool. 144 p.
- Putnam, M.R. *et al.* 1988. Evaluation of *Cassia obtusifolia* (sicklepod) seed consumption in Holstein calves. *Vet-Human-Toxicol*. Manhattan, KS: Am-College-Vet-Toxicol. 30 (4): 316-18.
- Puy du, D.J. 2002. *Cassieae*. in: Puy du, D.J. *et al.* (eds.) *The Leguminosae of Madagascar*. Kew. Royal-Bot-Gardens: 60-103.
- Quarles van Ufford, P. 1998. Le carrefour de la commercialisation. L'éleveur face au marché à bétail: Cas du Bénin septentrional. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) *Prospects of pastoralism in West Africa*. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 136-151.
- Quézel, P. 1965. La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie. in: Tüxen, R. (Hrsg.) *Geobotanica selecta*. Bd. II. Stuttgart. Fischer. 333 p.
- Quézel, P. 1971. IX. Die Pflanzenwelt. 1. Teil. Flora und Vegetation der Sahara. in: Schiffers, H. *Die Sahara und ihre Randgebiete. Darstellung eines Naturgroßraumes*. I. Bd. *Physiogeographie*. München. Weltforum. IFO-Inst-Wirtsch-forsch. Afr-Studien. 60: 429-476.
- Quézel, P.; Santa, S. 1962. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. tom. I. Paris. Editions du Centre-Nation-Rech-Sc. 565 p.
- Quimby, M.W.; Persinos, G.J. 1964. Notes on a preliminary drug hunting trip on the Jos plateau, Nigeria. *Econ-Bot*. New York, NY: Soc-Econ-Bot. NY-Bot-Garden. 18 (3): 266-269.
- Quinn, M. 2001. Caterpillar food plants for the lower Rio Grande valley. NABA. North-Am-Butterfly-Assoc. Texas-Parks-Wildlife. 8 p.
- Radosevich, S.R.; Holt, J.S.; Ghera, C. 1997. *Weed ecology. Implications for management*. 2<sup>nd</sup> edn. New York, NY: Wiley. 589 p.
- Ramey, V.A. 2001. Biological control of invasive plants: Waterhyacinth *Eichhornia crassipes*. APIRS. Aquatic-Plant-Inform-Retr-Syst. Gainesville, FL: Center for aquatic and invasive plants. 2 p.

- Randall, R.P. 2001a. *Cassia obtusifolia* L. syn. *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby. in: The global compendium of weeds. Hawaii. on-line-publ. <http://www.hear.org>
- Randall, R.P. 2001b. *Cassia tora* L. syn. *Senna tora* (L.) Roxb. in: The global compendium of weeds. Hawaii. on-line-publ. <http://www.hear.org>
- Randall, R.P. 2001c. *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby, *Fabaceae*. PIER. Pacific-Island-Ecosystem-Risk. Inst-Pacific-Island-Forestry. USDA-Forestry-Service. 2 p.
- Randall, R.P. 2001d. *Senna obtusifolia*. Risk assessment results. PIER. Pacific-Island-Ecosystem-Risk. Inst-Pacific-Island-Forestry. USDA-Forestry-Service. 2 p.
- Randall, R.P. 2001e. *Senna tora* (L.) Roxb., *Fabaceae*. PIER. Pacific-Island-Ecosystem-Risk. Inst-Pacific-Island-Forestry. USDA-Forestry-Service. 2 p.
- Randall, R.P. 2003. *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby, *Fabaceae*. PIER. Pacific-Island-Ecosystem-Risk. Inst-Pacific-Island-Forestry. USDA-Forestry-Service. 3 p.
- Randell, B.R. 1988. Revision of the *Cassiinae* in Australia. 1. *Senna* Miller sect. *Chamaefistula* (Collad.) Irwin & Barneby. J-Adelaide-Bot-Gardens. Adelaide, SA: Adelaide-Bot-Gardens. 11 (1): 19-49.
- Randell, B.R. 1995. Taxonomy and evolution of *Senna obtusifolia* and *S. tora*. J-Adelaide-Bot-Gardens. Adelaide, SA: Adelaide-Bot-Gardens. 16 (1): 55-58.
- Rao, M.R.; Muraya, P.; Huxley, P.A. 1993. Observations of some tree root systems in agro-forestry intercrop situations, and their graphical representation. Exp-Agric. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 29 (2): 183-194.
- Rao, V.R.; Rao, N.S.; Mukerji, K.G. 1973. Inhibition of *Rhizobium in vitro* by non-nodulating legume roots and root extracts. Plant-Soil. Dordrecht. Kluwer. 39 (2): 449-452.
- Rasmussen, K.; Fog, B.; Madsen, J.E. 2001. Desertification in reverse? Observations from northern Burkina Faso. Global-Environ-Change. Amsterdam. Elsevier. 11 (4): 271-282.
- Rattray, J.M. 1968. The grass cover of Africa. 2<sup>nd</sup> edn. Roma. FAO-Agric-Series 49. 168 p.
- Razin, A.M. 1991. Effect of perennation and number of cuts on growth and yield of senna (*Cassia acutifolia* Del.) in new reclaimed soils. Minia-J-Agric-Res-Dev. Cairo. Al Minia-Univ. (1993) 13 (2): 747-756.
- Reardon, T. 1995. Sustainability issues for agricultural research strategies in the semi-arid tropics: Focus on the Sahel. Agric-Syst. Oxford. Elsevier. 48 (3): 345-359.
- RBG. Royal-Bot-Gardens. 2002. Vascular plant families. List of genera in *Leguminosae* (*Caesalpinioideae*). Kew. on-line-publ. <http://www.rbgekew.org.uk>
- Reddy, K.N.; Locke, M.A.; Bryson, C.T. 1994. Foliar washoff and runoff losses of lactofen, norflurazon and fluometuron under simulated rainfall. J-Agric-Food-Chem. Washington, DC: Am-Chem-Soc. 42 (10): 2338-2343.

- Reddy, K.N.; Locke, M.A. 1996. Imazaquin spray retention, foliar washoff and runoff losses under simulated rainfall. *Pestic-Sci. Chichester. Soc-Chem-Indust. Wiley.* 48 (2): 179-187.
- Rege, J.E.; Aboagye, G.S.; Tawah, C.L. 1994a. Shorthorn cattle of West and Central Africa. I. Origin, distribution, classification and population statistics. in: Chupin, D. (ed.) Identification and characterization of West African Shorthorn cattle. *World-Anim-Rev. Quart-J-Anim-Health-Prod-Products. Roma. FAO.* 78 (1): 2-13.
- Rege, J.E. *et al.* 1994b. Crossbreeding Jersey with Ghana Shorthorn and Sokoto Gudali cattle in a tropical environment: Additive and heterotic effects for milk production, reproduction and calf growth traits. *Anim-Prod. Edinburgh. Brit-Soc-Anim-Prod.* 59 (1): 21-29.
- Rehm, S.; Espig, G. 1996. Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. Anbau, wirtschaftliche Bedeutung, Verwertung. 3. Aufl. Stuttgart. Ulmer. 528 S.
- Retief, E.; Herman, P.P. 1997. Plants of the northern provinces of South Africa: Keys and diagnostic characters. *Strelitzia.* 6. Pretoria. Nation-Bot-Inst. 681 p.
- Retzinger, E.J. Jr 1984. Growth and development of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) selections. *Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA.* 32 (5): 608-611.
- Reuter, G. 1992. Vorlesungsreihe: Böden der Tropen und Subtropen. Rostock. Univ-Rostock. Agrarwiss. 81 S. (lose Blattsammlung)
- Reveal, J.L. 1999. Indices nominum supragenericorum plantarum vacularium. Alphabetical listing by family of validity published suprageneric names. Families *Cabombaceae* through *Cytinaceae*. College Park, MD: Univ-Maryland. NBH. Norton-Brown-Herbarium. 17 p.
- Ribeiro-Costa, C.S.; Reynaud, D.T. 1998. Bruchids from *Senna multijuga* (Rich) Irwin & Barneby (*Caesalpinaceae*) in Brazil with descriptions of two new species. *Coleopt-Bull. Sacramento, CA: Coleopt-Soc.* 52 (3): 245-252.
- Rice, K.J. 1989. Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. in: Leck, M.A. *et al.* (eds.) Ecology of soil seed banks. San Diego, CA: Acad-Press: 211-30.
- Richardson, C. 2002. Declared weeds. South Perth, WA: Agric-Protection-Board. 4 p.
- Richter, M. 2001. Vegetationszonen der Erde. 1. Aufl. Gotha; Stuttgart. Klett-Perthes. 448 S.
- Ridley, H.N. 1922. The flora of the Malay peninsula. vol. 1. *Polypetale*. London. Reeve-Co. 918 p.
- Risopoulos, S. 1969. High yielding fodder crops and forage conservation. in: FAO. Report on the FAO regional conference for the establishment of an agricultural research programme on ecological basis in Africa: Sudanian zone. pt. V. Annexes. D. Working documents. Roma. FAO. Dev-Inst-Serv-Branch: 75-76.
- Riveros, F. 1985. Fodder shrubs in Libya. in: Habit, M.A. (ed.) The current state of knowledge on *Prosopis tamarugo*. Roma. FAO: 186-194.
- Rizvi, S.J.; Rizvi, V. (eds.) 1992. Allelopathy. Basic and applied aspects. London. Chapman & Hall. 480 p.

- Robbins, W.W.; Crafts, A.S.; Raynor, R.N. 1942. Weed control. A text book and manual. 1<sup>st</sup> edn. New York, NY; London. McGraw-Hill Book Co. 543 p.
- Roberts, B.R. 1985. Stability in savanna lands. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) Ecology and management of the world's savannas. Canberra. CAB: 195-196.
- Robertson, B.K.; Dreyfus, B.; Alexander, M. 1995. Ecology of stem-nodulating *Rhizobium* and *Azorhizobium* in four vegetation zones of Senegal. Microbial-Ecol. New York, NY: Springer. 29 (1): 71-81.
- Robertson, S.A. 1989. Flowering plants of the Seychelles (An annotated checklist, of angiosperms and gymnosperms, with line drawings). Kew. Royal-Bot-Gardens. 327 p.
- Roblin, G.; Fleurat-Lessard, P.; Bonmort, J. 1989. Effects of compounds affecting calcium channels on phytochrome- and blue pigment-mediated pulvinar movements of *Cassia fasciculata*. Plant-Physiol. Rockville, MD: Am-Soc-Plant-Physiol. 90 (2): 697-701.
- Roblin, G., Fleurat-Lessard, P.; Bonmort, J. 1991. Inhibition of phytochrome- and blue light absorbing pigment-mediated pulvinar movements in *Cassia fasciculata* by xanthine derivatives. J-Plant-Physiol. Stuttgart. Fischer. 139 (2): 161-165.
- Rodin, R.J. 1985. The ethnobotany of the Kwanyama Ovambos. MSB: Monogr-Syst-Bot-Missouri-Bot-Garden. St. Louis, MO: 9: 1-164.
- Roe, E.M.; Huntsinger, L.; Labnow, K. 1998. High reliability pastoralism. J-Arid-Environ. London; New York, NY: Acad-Press. 39 (1): 39-55.
- Roe, E.M. 1997. Viewpoint: On rangeland carrying capacity. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 50 (5): 467-472.
- Rompel, J. 1908. Catholic Encyclopedia. vol. III. New York, NY: Appleton-Co.
- Rosner, F. 1990. Moses Maimonides' three treatises of health. Maimonides medical writings. vol. 4. Haifa. Maimonides-Res-Inst. 256 p.
- Rosner, F. 1994. Moses Maimonides' treatise on asthma. Maimonides medical writings. vol. 6. Haifa. Maimonides-Res-Inst. 176 p.
- Ross, J.H. 1998. *Caesalpinaceae*. in: McCarthy, P.M. Flora of Australia. 12. *Mimosaceae* (excl. *Acacia*), *Caesalpinaceae*. Canberra. Aust-Bio-Resour-Stud. CSIRO: 50-177.
- Roth, L. *et al.* (Hrsg.) 1994. Giftpflanzen – Pflanzengifte: Vorkommen, Wirkung, Therapie; allergische und phytotoxische Reaktionen. 4. Aufl. Landsberg. ecomed. 1092 S.
- Rothe, U. 2001. 10.4 Bewegungstypen. in: Munk, K. (Hrsg) Grundstudium Biologie. Bd. 3. Botanik. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akad: (10)8-(10)16.
- Roxburgh, W. 1971. Flora Indica. Description of Indian plants. Reprinted literatim of the Carey edition of 1832. New Delhi. 763 p.



- Royal, S.S. *et al.* 1997. Influence of broadleaf weeds on chlorothalonil deposition, foliar disease incidence, and peanut (*Arachis hypogaea*) yield. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 11 (1): 51-58.
- Royen van, W. 1954. The agricultural resources of the world. in: Atlas of the world's resources. vol. I. New York, NY: Univ-Maryland. Prentice-Hall, Inc. 258 p.
- Rudd, V.E. 1991. *Fabaceae (Leguminosae) 5. Cassia*. in: Dassanayake, M.D. (ed.) A revised handbook to the flora of Ceylon. Rotterdam. Balkema: 59-91.
- Rudloff, W. 1981. World-climates with tables of climatic data and practical suggestions. Stuttgart. Books-J-Naturwiss-Rundschau. Wiss-Verlagsgesellsch. 632 p.
- Ruess, R.W. 1987. The role of large herbivores in nutrient cycling of tropical savannas. in: Walker, B.H. (ed.) Determinants of tropical savannas. Oxford. IUBS-(Int-Union-Biol-Sci)-Monograph Series 3: 67-91.
- Ruffo, C.K.; Birnie, A.; Tengnäs, B. 2002. Edible wild plants of Tanzania. Nairobi. RELMA-(Region-Land-Managem-Unit). Techn-Handbook-Series 27. 766 p.
- Russel, A.B. *et al.* 1997. *Cassia obtusifolia*, *C. fasciculata* and *C. occidentalis*. in: Poisonous plants of North Carolina. North-Carolina-State-Univ. Dept-Hortic-Sci: 82-87.
- Ruthenberg, H. 1980. Farming systems in the tropics. 3<sup>rd</sup> edn. Oxford. Clarendon Press. 424 p.
- Rwangabo, P.C. 1993. La médecine traditionnelle au Rwanda. Paris. ACCT. Karthala. 253 p.
- Sachs, L. 1988. Statistische Methoden: Planung und Anwendung. 6. neubearb. Aufl. Berlin; Heidelberg. Springer. 298 S.
- Sachs, L. 1999. Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. 9. überarb. Aufl. Berlin; Heidelberg. Springer. 884 S.
- Sackey, A.K. *et al.* 1999. Calving interval of some indigenous breeds of cattle in northern Nigeria. Israel-J-Vet-Med. Raanana. Israel-Vet-Med-Assoc. 54 (2): 47-49.
- Saeedi, S.; Roblin, G. 1986. Effects of respiration inhibitors and uncouplers on dark- and light-induced leaflet movements of *Cassia fasciculata*. Plant-Physiol. Rockville, MD: Am-Soc-Plant-Physiol. 82 (1): 270-273.
- Saeedi, S.; Roblin, G. 1987. Action of benzoic acid and its *o*-, *m*- and *p*-hydroxy-derivatives on the dark- and light-induced leaflet movements in *Cassia fasciculata* Michx. Plant-Cell-Physiol. Kyoto. Japan-Soc-Plant-Physiologists. 28 (6): 1109-1115.
- Sahlin, P. 1993. The Chikal valley in Niger: Food supply, dietary patterns and child growth. Uppsala. Dept-Nutr. PTV-(Projet Tapis Vert)-Project paper. 65 p.
- Salako, F.K. *et al.* 2001. Improvement of the physical fertility of a degraded Alfisol with planted and natural fallows under humid tropical conditions. Soil-Use-Managem. Oxon. CAB-Int. 17 (1): 41-47.

- Salzmann, U. 1999. Zur holozänen Vegetations- und Klimaentwicklung der westafrikanischen Savannen. Paläoökologische Untersuchungen in der Sahel- und Sudanzone NO-Nigerias. Frankfurt a.M. Bericht-SFB-(Sonderforschungsbereich)-268. Bd. 13. 144 S.
- Samba, R.T. *et al.* 2002. Biological nitrogen fixation in *Crotalaria* species using the  $^{15}\text{N}$  isotope dilution method. Afr-J-Biotechnol. Nairobi. Acad-Journals. 1 (1): 17-22.
- Sampson, A.W. 1923. Range and pasture management. New York, NY: Wiley & Sons, Inc. 421 p.
- Samuelsson, G. *et al.* 1991. Inventory of plants used in traditional medicine in Somalia. I. Plants of the families *Acanthaceae* - *Chenopodiaceae*. J-Ethnopharm. Clare. Elsevier. 35 (1): 25-63.
- Sanchez, P.A. 1995. Science in agroforestry. Agroforestry-Syst. Dordrecht. Kluwer. 30 (1): 5-55.
- Sanford, W.W. 1982. The effects of seasonal burning: A review. in: Sanford, W.W.; Yefusu, H.N.; Ayeni, J.S. (eds.) Nigerian savannas. New Bussa. Kainji-Lake-Res-Inst: 160-188.
- Sanginga, N. *et al.* 1996. Nodulation and estimation of symbiotic nitrogen fixation by herbaceous and shrub legumes in Guinea savanna in Nigeria. Biol-Fertility-Soils. Berlin. Springer. 23 (4): 441-448.
- Santos do Nascimento, H.T. *et al.* 1998. 43. Conteúdo de proteína de mata-pasto (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby). XXXV-Reunião-Anual-Soc-Bras-Zootecnia. Porto Alegre. Univ-Fed-Rio-Grande do Sul: 254-256.
- SARDA. Sokoto-Agric-Rural-Dev-Authority. 1989. Sokoto Fadama: Shallow ground water study. (revised) Sokoto. Wardrop Engineering Inc. 58 p. incl. appendices I-V with a map (scale 1 : 700000).
- Sarmiento, G.; Monasterio, M. 1983. Life forms and phenology. in: Bourlière, F. (ed.) Tropical savannas. Ecosystems of the world vol. 13. Amsterdam; Oxford; New York, NY: Elsevier: 79-108.
- SAS. Statist-Analysis-Syst. 1999. Chapter 41. The mixed procedure. SAS/STAT<sup>®</sup> Users guide. Version 8. Cary, NC: SAS Institute Inc: 2085-2226.
- Sauer, S. 1996. Wasserhaushalt und Stickstoffaustrag repräsentativer Grünlandböden in einem Wasserschutzgebiet bei Bad Wildungen (Nordhessen). Boden und Landschaft. (13) Giessen. 202 S.
- Sauerhoff, F. 2003. Etymologisches Wörterbuch der Pflanzennamen. Die Herkunft der wissenschaftlichen, deutschen, englischen und französischen Namen. Stuttgart. Wiss-Verlagsgesellsch. 779 S.
- Sawyerr, E.S. 1983. Medicinal plants of West Africa. vol. 1. Honiara. 87 p.
- Schäfer, C. 1998. Pastorale Wiederkäuerhaltung in der Sudansavanne: Eine Untersuchung im Zamfara-Forstschutzgebiet im Nordwesten Nigerias. Diss. Göttingen. Cuvillier. 217 S.
- Schafft, H. 1988. Nährstoffhaushalt und Nährstoffbedarf beim weidenden Wiederkäuer: Zum Energie- und Proteinumsatz von Wiederkäuern unter den Bedingungen saisonal defizitärer

- Nährstoffversorgung. in: Alkämper, J. (Hrsg.) Tropische Weiden und Futterressourcen. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 17: 275-282.
- Schleich, K. 1985. Ansätze zur Integration von Ackerbau und Viehhaltung in der Savanne Westafrikas. Matrial-Zentr-region-Entw-forsch-Liebig-Univ-Giessen. Bd. 10. 125 S.
- Schmid, B. 1991. Konkurrenz bei Pflanzen. in: Schmid, B.; Stöcklin, J. (Hrsg.) Populationsbiologie der Pflanzen. Basel. Birkhäuser: 201-210.
- Schmidt, G.A. *et al.* 1942. Afrika. Bd. VIII. Landwirtschaftliche Nutzpflanzen, Pflanzenkrankheiten, tierische Schädlinge. Berlin. Gruyter & Co. 742 S.
- Schmithüsen, J. 1968. Allgemeine Vegetationsgeographie. Lehrbuch der allgemeinen Geographie Bd. 4. 3. Aufl. Berlin. Gruyter & Co. 463 S.
- Schmithüsen, J. (Hrsg.) 1976. Atlas zur Biogeographie. Meyers Großer Physischer Weltatlas. Teil 3. Mannheim. Bibliogr-Inst. 80 S.
- Schnell, R. 1950. La forêt dense. Introduction a l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale. Manuels Ouest-Africains. tom. I. Paris. IFAN. Inst-Franç-Afr-Noire. Lechevalier. 330 p.
- Schnell, R. 1952. Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba. Memoirs-IFAN. (Inst-Franç-Afr-Noire) N° 22. Dakar. 604 p.
- Schokalskaja, Z.J. 1953. Die Böden Afrikas. Die Bedingungen der Bodenbildung, die Böden und ihre Klassifikation. Berlin. Akademie. 408 S.
- Scholes, R.J.; Walker, B.H. 1993. An African savanna. Synthesis of the Nylsvley study. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 306 p.
- Scholz, U. 2003. Ursachen der Desertifikation im Sahel, u.a. Liebig-Universität Giessen. Regionale Geographie der Tropen. Sommer-Sem. 2003: 5 S.
- Schopen, A.; Kahl, O. 1993. Die Natā'ig al-fikar des Ša'bān ibn Salīm as-San'ānī. Eine jemenitische Gesundheitsfibel aus dem frühen 18. Jahrhundert. Text, Übersetzung und Kommentar. Wiesbaden. Harrassowitz. 365 S.
- Schroth, G. *et al.* 1995. Effects of different methods of soil tillage and biomass application on crop yields and soil properties in agroforestry with high tree competition. Agric-Ecosyst-Environ. Amsterdam; New York, NY: Elsevier. 52 (2/3): 129-140.
- Schubert, R.; Wagner, G. 2000. Botanisches Wörterbuch. Pflanzennamen und botanische Fachwörter. 12. Aufl. Stuttgart. Ulmer. UTB-(Uni-Taschenbücher)-Wiss. 734 S.
- Schulte, A. 2002. Weideökologie des Kaokolandes. Struktur und Dynamik einer Mopane-Savanne unter pastoraler Nutzung. Diss. Köln. 237 S.
- Schultze, W.; Jahn, K.; Richter, R. 1996. Volatile constituents of the dried leaves of *Cassia angustifolia* and *C. acutifolia* (Sennae Folium). Planta-Med. J-Med-Plant-Res. Stuttgart. Thieme. 62 (6): 540-543.

- Schulz, E.; Adamou, A. 1988. Die Vegetation des Aïr-Gebirges im Nord Niger und ihre traditionelle Nutzung. in: Alkämper, J. (Hrsg.) Tropische Weiden und Futterressourcen. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 17: 75-86.
- Schulz, E.; Hagedorn, H. 1994. Die Wüste – wächst sie denn wirklich? Geowiss. Berlin. Wegener-Stiftung. Ernst & Sohn. 12 (7): 204-210.
- Schulze, E.-D.; Beck, E.; Müller-Hohenstein, K. 2002. Pflanzenökologie. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akadem. Fischer. 846 S.
- Schwarz, F.A. 1965. Nigeria. The tribes, the nation, or the race – The politics of independence. Cambridge, MA: MIT-(Massachusetts-Inst-Technol)-Press. 316 p.
- Scoones, I. (ed.) 1996. Living with uncertainty: New directions in pastoral development in Africa. London. Intermed-Technol-Publ: 210 p.
- Scoones, I. 1999. New ecology and the social sciences: What prospects for a fruitful engagement? Annual-Rev-Anthropol. Palo Alto, CA: Annual-Rev-Inc. 28: 479-507.
- Scoones, I. *et al.* 1993. Land tenure for pastoral communities. in: Young, M.D.; Solbrig, O.T. (eds.) The world's savannas. Paris. MAB (Man-Biosphere)-Series 12: 49-66.
- Seck, D. 1994. Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèses. Gembloux. 208 p.
- Seebold, E. (Bearb.) 2002. Kluge – Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache. 24. Aufl. Berlin; New York, NY: Gruyter. 1023 S.
- Seidel, D. 1988. Herbizide. in: Seidel, D. *et al.* Grundlagen der Phytopathologie und des Pflanzenschutzes. (Pflanzenproduktion) 3. durchges. Aufl. Berlin. VEB-(Volkseig-Betrieb)-DLV. Deutsch-Landwirtsch-verlag: 183-186.
- Sembène, M.; Delobel, A. 1996. Identification morphometrique de populations soudano-saheliennes de bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera, Bruchidae). Rev-Zool-Africaine. J-Afr-Zoology. Tervuren. 110 (5): 357-366.
- Sembène, M.; Delobel, A. 1998. Genetic differentiation of groundnut seed-beetle populations in Senegal. Entomol-Exp-Appl. Dordrecht. Kluwer. 87 (2): 171-180.
- Semple, A.T. 1972. Grassland improvement. 2<sup>nd</sup> edn. in: Polunin, N. (ed.) Plant science monographs. London. Hill Books. 400 p.
- Senseman, S.A.; Oliver, L.R. 1993. Flowering patterns, seed production, and somatic polymorphism of three weed species. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 41 (3): 418-425.
- Sepp, C.; Kretzdorn, R. 1991. Umweltveränderungen und menschlicher Einfluß in der Sahelzone Westafrikas. Eschborn. GTZ. Gesellsch-Techn-Zus-arbeit. Abteilung 424. 19 S.

- Setshogo, M.P. 2005. Preliminary checklist of the vascular plants of Botswana. South-Afr-Bot-Diversity-Network-Report. 37. Pretoria. 161 p.
- Shabana, Y.M. *et al.* 1997. An evaluation of hydrophilic polymers for formulating the bio-herbicide agents *Alternaria cassiae* and *A. eichhorniae*. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 11 (2): 212-220.
- Shaffer, J.P. 1986. Modified sequentially rejective multiple test procedures. J-Am-Statist-Assoc. Alexandria, VA: Am-Statist-Assoc. 81 (395): 826-831.
- Sharaf el Din, M.N. *et al.* 1988a. Effect of scarification methods on seed germination of *Delonix regia* and *Cassia fistula*. J-Agric-Sci-Mansoura-Univ. Mansoura. (1990) 13 (4): 2381-2385.
- Sharaf el Din, M.N. *et al.* 1988b. Effect of temperature and light on seed germination of *Delonix regia* and *Cassia fistula*. J-Agric-Sci-Mansoura-Univ. Mansoura. (1990) 13 (4): 2386-2391.
- Sharma, B.R.; Kumar, V.; Soni, P.L. 2002. Ceric ammonium nitrate initiated graft copolymerization of acrylamide onto *Cassia tora* gum. J-Appl-Polymer-Sci. Hoboken, NJ: Wiley. 86 (13): 3250-3255.<sup>81</sup>
- Sharma, B.R.; Kumar, V.; Soni, P.L. 2003a. Graft copolymerization of acrylonitrile onto *Cassia tora* gum with ceric ammonium nitrate-nitric acid as a redox initiator. J-Appl-Polymer-Sci. Hoboken, NJ: Wiley. 90 (1): 129-136.<sup>81</sup>
- Sharma, B.R.; Kumar, V.; Soni, P.L. 2003b. Carbamoylethylation of *Cassia tora* gum. Carbohydr-Polymers. Kidlington; Oxford. Elsevier. 54 (2): 143-147.<sup>81</sup>
- Sharma, B.R.; Kumar, V.; Soni, P.L. 2003c. Cyanoethylation of *Cassia tora* gum. Starch/Stärke. Weinheim. Wiley. 55 (1): 38-42.<sup>81</sup>
- Shaw, D.R. *et al.* 1990. Emergence and growth of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) with various planting and herbicide incorporation depths. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 38 (4/5): 401-405.
- Shaw, D.R.; Hydrick, D.E. 1993. Effect of imazaquin and chlorimuron plus metribuzin on sicklepod (*Cassia obtusifolia*) seed production and germination. Weed-Technol. Champaign, IL: WSSA. 7 (3): 681-685.
- Shaw, D.R.; Newsom, L.J.; Smith, C.A. 1991. Influence of cultivation timing on chemical control of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) in soybean (*Glycine max*). Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 39 (1): 67-72.
- Shaw, D.R.; Rainero, H.P. 1990. Weed control in soybean under different cropping and tillage systems. J-Prod-Agric. Madison, WI: Am-Soc-Agron. 3 (4): 453-460.
- Shaw, D.R.; Smith, C.A.; Snipes, C.E. 1989. Sicklepod control in soybean grown in rotations of 97- and 18-cm row spacings. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 37 (6): 748-752.

---

<sup>81</sup> korrekte Benennung: *S. tora* [Anmerkung des Verfassers]

- Shibata, S. *et al.* 1969. Chemical studies on the oriental plant drugs. XX. The constituents of *Cassia tora* L. 1. The structure of torachrysone. Chem-Pharmaceut-Bull. Tokyo. Pharm-Soc-Japan. 17 (3): 454-457.<sup>82</sup>
- Shilling, D.G. *et al.* 1995. Effect of soybean (*Glycine max*) cultivar, tillage, and rye (*Secale cereale*) mulch on sicklepod (*Senna obtusifolia*). Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 9 (2): 339-342.
- Shinkafi, M.A.; Awodola, M.A.; Okali, D.U. 1998. Vegetation status of the Zamfara Reserve: Prospects for pastoralism. in: Hoffmann, I. (Hrsg.) Prospects of pastoralism in West Africa. Giessen-Beitr-Entw-forsch. Reihe I, Bd. 25: 48-54.
- Shinoda, M.; Iwasaki, K. 1989. Annual rainfall variability and its interhemispheric coherence in the semi-arid region of tropical Africa. in: Kadomura, H. (ed.) Savannization processes in tropical Africa pt. I. Tokyo; Lusaka. Occasion-Study No. 17: 19-35.
- Siddhuraju, P.; Vijayakumari, K.; Janardhanan, K. 1995. Nutritional and antinutritional properties of the underexploited legumes *Cassia laevigata* Willd. and *Tamarindus indica* L. J-Food-Compos-Analys. Orlando, FL: Acad-Press. 8 (4): 351-362.
- Sigaud, P.; Matig, O.E. (eds.) 2001. State of forest genetic resources in Sahelian and North-Sudanien Africa and sub-regional action plan for their conservation and sustainable use. Roma. FAO. ICRAF. Int-Centre-Res-Agroforestry: 7-38.
- Sigiyama, Y.; Koman, J. 1992. The flora of Bossou: Its utilization by chimpanzees and humans. African Study Monographs. Kyoto. Centre-Afr-Area-Studies. Suppl. 13 (3): 127-169.
- Sillitoe, P. 1998. What know natives? Local knowledge in development. Social-Anthropol. Europ-Assoc-Social-Anthropol. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 6 (2): 203-220.
- Silva da, M.C.; Izidine, S.; Amude, A.B. 2004. A preliminary checklist of the vascular plants of Mozambique. Catálogo provisório das plantas superiores de Moçambique. South-Afr-Bot-Diversity-Network-Report. 30. Pretoria. 183 p.
- Silva, O. *et al.* 1997a. Guinea-Bissau's plants: *In vitro* susceptibility studies on *Neisseria gonorrhoeae*. Int-J-Pharmacogn. Lisse. Swets & Zeitlinger. 35 (5): 323-328.
- Silva, O. *et al.* 1997b. Plant extracts antiviral activity against *Herpes simplex* virus type 1 and African swine fever virus. Int-J-Pharmacogn. Lisse. Swets & Zeitlinger. 35 (1): 12-16.
- Simpson, J.R.; Stobbs, T.H. 1981. Nitrogen supply and animal production from pastures. in: Morley, F.H. (ed.) Grazing animals. World Animal Science. B1. Amsterdam. Elsevier: 261-288.
- Simpson, S.E.; Nigg, H.N.; Knapp, J.L. 1999. Host plants of *Diaprepes* root weevil and their implications to the regulatory process. Winter Haven, FL: Florida-Dept-Agric-Consumer-Serv. 23 p.

<sup>82</sup> *S. obtusifolia* und *S. tora* werden als zwei getrennte Arten behandelt [Anmerkungen des Verfassers]

- Sims, B.D.; Oliver, L.R. 1990. Mutual influence of seedling johnsongrass (*Sorghum halepense*), sicklepod (*Cassia obtusifolia*), and soybean (*Glycine max*). Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 38 (2): 139-147.
- Singh, B.R. *et al.* 1993. Characterisation of the soils in Zamfara Grazing Reserve. Sokoto. Univ-Link-UDU-JLU. Range-Dev-Camel-Stud. Work paper. 33 p. (unpubl.)
- Singh, C.; Murty, Y.S. 1987. Effect of some growth regulators on seed germination and seedling growth of *Cassia obtusifolia* Linn. Acta-Bot-Indica. Meerut. Soc-Adv-Bot. 15 (1): 74-79.
- Singh, J.S. 1968a. Comparison of growth performance and germination behaviour of seeds of *Cassia tora* L. and *Cassia obtusifolia* L. Trop-Ecol. Varanasi. Official-Organ-Int-Soc-Trop-Ecol. 9 (1): 64-71.
- Singh, J.S. 1968b. In support of the separation of *Cassia tora* and *C. obtusifolia* as two distinct taxa. Current-Sci. Bangalore. Current-Sci-Assoc. 37 (16): 381-382.
- Singh, V. 1978. Critical taxonomic notes on some of the species of *Cassia* L. found in India. J-Bombay-Natur-Hist-Soc. Bombay. Bombay-Natur-Hist-Soc. 75: 434-443.
- Sitte, P. *et al.* 2002. Strasburger (Begr.) – Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 35. Aufl. Heidelberg; Berlin. Spektrum-Akademie. 1123 S.
- Skarpe, C. 1992. Dynamics of savanna ecosystems. J-Veg-Sci. Int-Assoc-Veg-Sci. Knivsta. Opulus. 3 (3): 293-300.
- Skarpe, C. 1995. Vegetation ecology in African savanna. Verhandl-Gesellsch-Ökol. 24. Jahrestagung. Frankfurt a.M. 19.-23.09. 1994. Freising-Weihenstephan. 24: 11-16.
- Skea, I.W. 1996a. A report on the performance of Sokoto Gudali cows at Faru, Sokoto State, Nigeria. in: Skea, I.W. (ed.) SEPP – Range management and livestock programme. Sokoto. Techn-Report 1995: 6 p. (unpubl.)
- Skea, I.W. 1996b. Economics of pasture improvement in a semi-arid environment. in: Skea, I.W. (ed.) SEPP – Range management and livestock. Sokoto. Techn-Report 1995: 5 p. (unpubl.)
- Skea, I.W. 1996c. Pasture and livestock under tree crops: The role of small stock in a sylvo-pastoral system. in: Skea, I.W. (ed.) SEPP – Range management and livestock programme. Sokoto. Techn-Report 1995: 3 p. (unpubl.)
- Skea, I.W. 1996d. Range rehabilitation – Techniques and results. A case study, Gidan Jaja, Sokoto State, Nigeria. in: Skea, I.W. (ed.) SEPP – Range management and livestock programme. Sokoto. Techn-Report 1995: 12 p. (unpubl.)
- Skea, I.W. 1996e. The influence of sex, year and month of birth on the growth of Sokoto Gudali calves from birth to 18 months. in: Skea, I.W. (ed.) SEPP – Range management and livestock programme. Sokoto. Techn-Report 1995: 7 p. (unpubl.)
- Skea, I.W.; Skea, R.K. 1996. Wildlife in Zamfara Grazing Reserve. Inventory of birds and animals seen in the northern part of the Zamfara Grazing Reserve, Sokoto State, Nigeria. in: Skea,

- I.W. (ed.) SEPP – Range management and livestock programme. Sokoto. Technical Report 1995: 9 p. (unpubl.)
- Skerman, P.J.; Cameron, D.G.; Riveros, F. 1988. Tropical forage legumes. Roma. FAO Plant-Prod-Series 2. 692 p.
- Skerman, P.J.; Riveros, F. 1990. Tropical grasses. Roma. FAO Plant-Prod-Series 23. 832 p.
- Smith, A.B. 1992. Pastoralism in Africa: Origins and development ecology. London. Hurst. 350 p.
- Smith, A.B. 2005. African herders. Emergence of pastoral traditions. in: Vogel, J.O. (ed.) African archaeology series. VIII. Walnut Creek, CA: AltaMira Press. 251 p.
- Smith, D.B. *et al.* 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. Trans-ASAE. St. Joseph, MI: ASAE. Am-Soc-Agric-Engineers. 43 (2): 255-259.
- Smith, J.E.; Jordan, P.W. 1994. Stand density effects on branching in an annual legume (*Senna obtusifolia*). Annals-Bot. London; New York, NY: Acad-Press. 74 (1): 17-25.
- Smitinand, T.; Larsen, K. (eds.) 1984. 16. *Cassia*. in: Flora of Thailand. vol. IV, pt. 1. *Leguminosae - Caesalpinioideae*. Bangkok. Forest-Herbarium. Royal-Forest-Dept: 102-123.
- SMUWC. Sustainable Management of the Usangu Wetland and its Catchment. 2001. Final report. Supplementary reports. vol. 1, pt. 3. Biodiversity. Tanzania. 85 p.
- Sodipo, O.A.; Effraim, K.D.; Emmagun, E. 1998. Effect of aqueous leaf extract of *Cassia alata* (L.) on some haematological indices in albino rats. Phytother-Res. Sussex. Wiley. 12 (6): 431-433.
- Sofowora, A. 1996. Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. Econ-Dév. Paris. Karthala. 378 p.
- Solbrig, O.T. 1996. The diversity of savanna ecosystems. in: Solbrig, O.T. *et al.* (eds.) Biodiversity and savanna ecosystem processes. Ecol-Studies 121. Berlin. Springer: 1-27.
- Solbrig, O.T.; Young, M.D. 1993. Economic and ecological driving forces affecting tropical savannas. in: Young, M.D.; Solbrig, O.T. (eds.) The world's savannas. Paris. MAB (Man-Biosphere)-Series 12: 3-18.
- Sontheimer von, J. 1842. Zusammenstellung einfacher Heil- und Nahrungsmittel von Ebn Baithar. Bd. 1. 592 S.; Bd. 2. 786 S. Stuttgart. Hallberger'sche Verlagshandlung.
- South, D.B. 2000. Tolerance of southern pine seedlings to clopyralid. South-J-Appl-Forest. Bethesda, MD: Soc-Am-Foresters. 24 (1): 51-56.
- Southgate, B.J. 1971. On the identity of *Caryedon pallidus* (Olivier) (Coleoptera: Bruchidae) and the description of two new *Caryedon* spp. Bull-Entomol-Res. Wallingford. CAB-Int. 60: 409-414.



- Souza Filho, A.P. *et al.* 1998. Efeitos de diferentes substratos e da profundidade de semeadura na germinação de sementes de mata-pasto e malva. *Planta-Daninha*. São Paulo. Socied-Brasil-Herbic-Ervas-Daninhas. 16 (1): 67-74.
- Speedy, A.W.; Pugliese, P-L. (eds.) 1992. Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Roma. FAO-Anim-Prod-Health-Paper 102. Proceed-FAO-Exp-Consult. MARDI. Malays-Agric-Res-Dev-Inst. 339 p.
- Spence, N.J.; Walkey, D.G. 1995. Variation for pathogenicity among isolates of bean common mosaic-virus in Africa. *Plant-Pathol.* Oxford. Blackwell. 44 (3): 527-546.
- Sprent, J.I. 1995. Legume trees and shrubs in the tropics: N<sub>2</sub> fixation in perspective. *Soil-Biol-Biochem.* Exeter. Elsevier. Pergamon. 27 (4/5): 401-407.
- Sprent, J.I.; Parsons, R. 2000. Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field-Crops-Res.* Amsterdam. Elsevier. 65 (2/3): 183-196.
- Squires, V.R.; Mann, T.L.; Andrew, M.H. 1992. Problems in implementing improved range management on common lands in Africa: An Australian perspective. *J-Grassl-Soc-South-Afr.* Pretoria. Grassl-Soc-South-Afr. 9 (1): 1-7.
- Squires, V.R. 2001a. Distinguishing natural causes and human intervention as factors in accelerated wind erosion: The development of environmental indicators. in: Yang, Y.; Squires, V.R.; Lu, Q. (eds.) *Global alarm: Dust and sandstorms from the world's drylands*. Bangkok; Beijing; Adelaide, SA: UNCCD. United-Nation-Convention-Combat-Desert: 257-265.
- Squires, V.R. 2001b. Dust and sand storms: An early warning of impending disaster. in: Yang, Y.; Squires, V.R.; Lu, Q. (eds.) *Global alarm: Dust and sandstorms from the world's drylands*. Bangkok; Beijing; Adelaide, SA: UNCCD. United-Nation-Conv-Combat-Desert: 15-28.
- Stamp, L.D. 1938. Land utilization and soil erosion in Nigeria. *Geogr-Rev.* New York, NY: Am-Geogr-Soc. 28 (1): 32-45.
- Staner, P.; Boutique, R. 1937. Matériaux pour l'étude des plantes médicinales indigènes du Congo-Belge. *Mémoires-Inst-Royal-Colon-Belge. Section-Sc-Natur-Méd. Collect.* 8°. Bruxelles. 5, 6. 228 p.
- Steden, C. 1987. Einsatzmöglichkeiten von Herbiziden gegen ausgewählte Unkräuter im Hochland von Zaïre. *Dipl-arbeit.* Giessen. (unveröffentl.)
- Steenekamp, S.J.; Bosch, O.J. 1995. The influence of rainfall on vegetation composition in different conditional states. *J-Arid-Environ.* London; New York, NY: Acad-Press. 30 (2): 185-190.
- Steinbach, J. 1989. Desertification problems in pasturelands. 2. Resource conservation and desertification control in pasturelands. in: Rappenhöner, D. (ed.) *Resource conservation and desertification control in the Near East*. Feldafing. ZEL. Zentralstelle-Ernähr-Landwirtsch: 77-88.
- Steingäß, H.; Menke, K-H. 1986. Schätzung des energetischen Futterwerts aus der „*in vitro*“ mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchungen zur Methode. *Übersichten zur Tierernährung*. Frankfurt a.M. DLG. Deutsch-Landwirtschaft-Gesellsch. 14: 251-270.

- Stenning, D.J. 1959. Savannah nomads. A study of the Wodaabe pastoral Fulani of western Bornu Province, Northern Region, Nigera. London; Ibadan; Accra. Int-Afr-Inst. Oxford-Univ-Press. 266 p.
- Sterk, G.; Raats, P.A. 1996. Comparison of models describing the vertical distribution of wind-eroded sediment. *Soil-Sci-Soc-Am-J.* Madison, WI: *Soil-Sci-Soc-Am.* 60 (6): 1914-1919.
- Stebbing, E.P. 1935. The encroaching Sahara: The threat to the West African Colonies. *Geogr-J.* London. Royal-Geogr-Soc. 85 (6): 506-524.
- Steentoft-Nielsen, M. 1988. Flowering plants in West Africa. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 344 p.
- Steubing, L.; Fangmeier, A. 1992. Pflanzenökologisches Praktikum: Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie. Stuttgart. UTB. Uni-Taschenbücher. Ulmer. 205 S.
- Steyaert, R.L 1950. Note sur des *Cassia* africains et asiatiques de la section *Chamaecrista* avec description de nouvelles espèces. *Bull-Jard-Bot-État.* Bruxelles. Goemaere. Minist-Agric. 20 (2): 233-268.
- Steyaert, R.L 1951. Description de *Cassia* nouveaux pour la flore du Congo Belge. *Bull-Jard-Bot-État.* Bruxelles. Goemaere. Minist-Agric. 21 (3/4): 357-359.
- Steyaert, R.L 1952. 51. *Caesalpiniaceae*, V. *Cassieae*. 47. *Cassia* L. en: Robyns, W. *et al.* (éd.) Flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. tom. III. Bruxelles. INÉAC. Publications de l'Inst-Nation-Étud-Agron-Congo-Belge: 496-545.
- Stickel, F. *et al.* 2001. Hepatotoxizität von Arzneimitteln pflanzlichen Ursprungs. *Zeitschr-Gastroenterol.* Stuttgart. Thieme. 39 (3): 225-237.
- St-Laurent, L. *et al.* 2002. Variation in L-Dopa concentration in accessions of *Mucuna pruriens* (L.) DC and *Mucuna brachycarpa* Rech. in: Food and feed from *Mucuna*: Current uses and the way forward. Tegucigalpa. Proceed-Int-Workshop: 352-373.
- Stoddart, L.A. 1960. Determining the correct stocking rate on range land. *J-Range-Managem.* Denver, CO: *Soc-Range-Managem.* 13 (5): 251-255.
- Storkebaum, W. 1983. Entwicklungsländer und Entwicklungspolitik. in: Kirchberg, G. (Hrsg.) *Raum und Gesellschaft.* Heft 7. 3. neu bearb. Aufl. Braunschweig. Westermann. 144 S.
- Sturm, H-J. 1993. Produktions- und weideökologische Untersuchungen in der subhumiden Savannenzone Nordbenins: Ein Beitrag zur Konzeption ökologisch nachhaltiger Nutzungssysteme. in: Meurer, M.; Wirthmann, A. (Hrsg.) *Karlsruhe-Schriften-Geograph-Geoökol.* Bd. 2. 94 S.
- Subraman, S.S. 1968. Chemical differentiation of *Cassia tora* and *C. obtusifolia* as two distinct species. *Current-Sci.* Bangalore. *Current-Sci-Assoc.* 37 (17): 493.
- Sudarmiyati, S. 1976. Experiment on the phenol content to identify *Cassia obtusifolia* L. from *Cassia tora* L. Yogyakarta. Univ-Mada. 19 p.

- Sudbrink, D.L.; Mack, T.P. Zehnder, G.W. 1998. Alternate host plants of cowpea curculio, (*Coleoptera: Curculionidae*) in Alabama. Florida-Entomol. Gainesville, FL: Florida-Entomol-Soc. 81 (3): 373-383.
- Sugimoto, T. *et al.* 2001. Fluorescence study on the nyctinasty of *Cassia mimosoides* L. using novel fluorescence-labelled probe compounds. Tetrahedron. Kidlington. Elsevier. 57 (49): 9817-9825.
- Sujji, E.R. *et al.* 1996. Application of multivariate analysis for the selection of candidates for biological control agents. Biol-Control. Orlando, FL: Acad-Press, Inc. 7 (3): 288-292.
- Suliman, H.B.; Wasfi, I.A.; Adam, S.E. 1982. The toxicity of *Cassia occidentalis* to goats. Vet-Human-Toxicol. Manhattan; KS: Am-College-Vet-Toxicol. 24 (5): 326-330.
- Sullivan, S.; Rhode, R. 2002. On non-equilibrium in arid and semi-arid grazing systems. J-Bio-geogr. Oxford. Blackwell. 29 (12): 1595-1618.
- Sung, B.K. *et al.* 2004. Growth responses of *Cassia obtusifolia* toward human intestinal bacteria. Fitoterapia. Amsterdam. Elsevier. 75 (5): 505-509.
- Sussman, L.K. 1988. Medicinal use of plants on Mauritius. in: Goldblatt, P.; Lowry, P.P. (eds.) Proceed-11-Plenary-Meeting-Assoc-Taxon-Study-Flora-Trop-Africa. MSB: Monogr-Syst-Bot-Missouri-Bot-Garden. St. Louis, MO: AÉT FAT. 25: 411-421.
- Swoboda, J. 1994. Geoökologische Grundlagen der Bodennutzung und deren Auswirkung auf die Bodenerosion im Grundgebirgsbereich Nord-Benins. Frankfurt-Geowiss-Arbeiten. Serie D, Physische Geographie. Bd. 18. 120 S.
- Sy, A.; Grouzis, M.; Danthu, P. 2001. Seed germination of seven Sahelian legume species. J-Arid-Environ. London; New York, NY: Acad-Press. 49 (4): 875-882.
- Sylla, D. 1996. Pastoral organizations for uncertain environments. in: Scoones, I. (ed.) Living with uncertainty: New directions in pastoral development in Africa. London. Intermed-Technol-Publ: 134-152.
- Taba, K.M.; Luwenga, M.E. 1999. L'effet de la photosensibilisation des extraits de plantes dans la désinfection de l'eau. Mededel-Fac-Landbouw-Toegep-Biol-Wet. Gent. Univ-Gand. 64 (1): 177-181.
- Takahashi, S.; *et al.* 1978. Formation of anthraquinones by the tissue culture of *Cassia obtusifolia*. Planta-Med. J-Med-Plant-Res. Stuttgart. Hippokrates. 33 (4): 389-392.
- Takano, A. *et al.* 2002. Morphological appearance of cultivated *Senna tora* (*Caesalpinaceae*) from Sri Lanka. J-Japan-Bot. Tokyo. Tsamura-Lab. 77 (3): 121-128.
- Tanaka, T. *et al.* 1996. Isolation, purification and identification of 2,5-anhydro-D-glucitol as a phytotoxin from *Fusarium solani*. J-Natural-Toxins. Ft. Collins, CO: Alaken-Inc. 5 (3): 317-329.

- Tapson, D. 1993. Biological sustainability in pastoral systems: The KwaZulu case. in: Behnke, R.H.; Scoones, I.; Kerven, C. (eds.) Range ecology at disequilibrium. London. Overseas-Dev-Inst: 118-135.
- Tarawali, S.A. 1991. Preliminary agronomic evaluation of forage legumes for subhumid West Africa. Trop-Agric. (Trinidad) St. Augustine. Univ-West-Indies-Press. 68 (1): 88-94.
- Tarawali, S.A. 1994. The yield and persistence of selected forage legumes in subhumid and semi-arid West Africa. Trop-Grasslands. St. Lucia. Trop-Grassl-Soc-Austral. 28 (2): 80-89.
- Tarawali, S.A.; Peters, M. 1996. The potential contribution of selected forage legume pastures to cereal production in crop-livestock farming systems. J-Agric-Sci. Cambridge. Cambridge-Univ-Press. 127 (2): 175-182.
- Tawah, C.L. *et al.* 1999. Crossbreeding cattle for dairy production in the tropics: effects of Cameroon highlands. Anim-Sci. Midlothian. Brit-Soc-Anim-Sci. 69 (1): 59-68.
- Taylor, S.E.; Oliver, L.R. 1997. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) seed production and viability as influenced by late-season postemergence herbicide applications. Weed-Sci. Lawrence, KS: WSSA. 45 (4): 497-501.
- TeBeest, D.O. (ed.) 1991. Microbial control of weeds. New York, NY: Chapman & Hall. 284 p.
- Teem, D.H.; Hoveland, C.S.; Buchanan, G.A. 1974. Primary root elongation of three weed species. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 22 (1): 47-50.
- Teem, D.H.; Hoveland, C.S.; Buchanan, G.A. 1980. Sicklepod and coffee senna: Geographic distribution, germination, and emergence. Weed-Sci. Champaign, IL: WSSA. 28 (1): 68-71.
- Teketay, D. 1996. The effect of different pre-sowing seed treatments, temperature and light on the germination of five *Senna* species from Ethiopia. New-Forests. Dordrecht. Kluwer. 11 (2): 155-171.
- Terashima, H. *et al.* 1991. Ethnobotany of the Lega in the tropical rain forest of eastern Zaire: pt. 1, Zone de Mwenga. African Study Monographs. Kyoto. Suppl. 15: 1-61.
- Terrac, M-L. 1947. Contribution à l'étude des plantes médicinales de Madagascar, de la Réunion et de l'île Maurice. Thèse pour l'obtention du diplôme de docteur de l'Université de Paris (Pharmacie). Paris. Imprim-Vuibert. 246 p.
- Thakur, C. 1988a. Floral anatomy of *Cassia* L. Acta-Bot-Indica. Meerut. Soc-Adv-Bot. 16 (2): 248-250.
- Thakur, C. 1988b. The stem-node-leaf continuum in some cassias. Acta-Bot-Indica. Meerut. Soc-Adv-Bot. 16 (1): 73-77.
- Thomas, D; Sumberg, J.E. 1995. A review of the evaluation and use of tropical forage legumes in sub-Saharan Africa. Agric-Ecosyst-Environ. Amsterdam; New York, NY: Elsevier. 54 (3): 151-163.

- Thomas, G.W. 1984. Livestock production in sub-Saharan Africa: Pastoralists caught in a fragile environment. *Sheep-Goat-Handb.* Boulder, CO: Westview Press. 4: 215-218.
- Thomas, S.C.; Jasienski, M.; Bazzaz, F.A. 1999. Early vs. asymptotic growth responses of herbaceous plants to elevated CO<sub>2</sub>. *Ecology*. Washington, DC: Ecol-Soc-Am. 80 (5): 1552-1567.
- Thonner, F. 1962. The flowering plants of Africa. *Historiae Naturalis Classica*. vol. XXVII. Weinheim. Cramer. Wheldon & Wesley, Ltd. 647 p.
- Thulin, M. 1983. *Leguminosae* of Ethiopia. *Opera-Botanica*. Nord-J-Bot. København. 68. 223 p.
- Thulin, M. 1994. Subfamily *Caesalpinioideae*. in: Thulin, M. (ed.) *Flora of Somalia*. vol. 1. *Pteridophyta; Gymnospermae; Angiospermae (Annonaceae - Fabaceae)*. Kew. Royal-Bot-Gardens: 342-361.
- Thurrow, T.L.; Hussein, A.J. 1989. Observation on vegetation responses to improved grazing systems in Somalia. *J-Range-Managem.* Denver, CO: Soc-Range-Managem. 42 (1): 16-18.
- Tian, G.; Carsky, R.J.; Kang, B.T. 1998. Differential phosphorus responses of leguminous cover crops on soils with variable history. *J-Plant-Nutr.* Monticello, NY: Dekker. 21 (8): 1641-53.
- Tian, G. *et al.* 2000. Nitrogen fertilizer replacement indexes of legume cover crops in the derived savanna of West Africa. *Plant-Soil*. Dordrecht. Kluwer. 224 (2): 287-296.
- Tian, Y. 2001. Sand and dust storms in the Sahelian region of Africa – Consequences and acceleration caused by human factors. in: Yang, Y.; Squires, V.R.; Lu, Q. (eds.) *Global alarm: Dust and sandstorms from the world's drylands*. Bangkok; Beijing; Adelaide, SA: UNCCD. United-Nation-Convention-Combat-Desert: 125-151.
- Tigano, M.S.; Aljanabi, S.; Mello de, S.C. 2003. Genetic variability of Brazilian *Alternaria* spp. isolates as revealed by RAPD analysis. *Brazil-J-Microbiol.* São Paulo. Soc-Brazil-Microbiol. 34 (2): 117-119.<sup>83</sup>
- Tineo, E.R. 2000. Protección y sanidad vegetal. 2. Combate y control de malezas. in: Nieves, H.F.; Narváez, C.G. *El maíz en Venezuela*. Maracay: 311-343.
- Toit du, P.C. 1995. The grazing index method of range condition assessment. *Afr-J-Range-Forage-Sci.* Scottsville. Grassl-Soc-South-Afr. 12 (2): 61-67.
- Tona, L. *et al.* 1999. Antimalarial activity of 20 crude extracts from nine African medicinal plants used in Kinshasa, Congo. *J-Ethnopharmacol.* Clare. Elsevier. 68 (1-3): 193-203.
- Tongway, D.; Hindley, N. 1995. *Manual for soil condition assessment of tropical grasslands*. Canberra. CSIRO. Div-Wildlife-Ecol. 60 p.
- Tremmel, D.C.; Patterson, D.T. 1993. Responses of soybean and five weeds to CO<sub>2</sub> enrichment under two temperature regimes. *Canad-J-Plant-Sci.* Ottawa, ON: National-Res-Council-Canada. 73 (4): 1249-1260.

---

<sup>83</sup> RAPD: random amplification of polymorphic DNA

- Tremmel, D.C.; Patterson, D.T. 1994. Effects of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on development in soybean and five weeds. *Canad-J-Plant-Sci.* Ottawa, ON: National-Res-Council-Canada. 74 (1): 43-50.
- Tripathi, Y.C. 1999. *Cassia angustifolia*, a versatile medicinal crop. *Int-Tree-Crops-J.* Berkhamsted. Oxon. AB-Acad. 10 (2): 121-129.
- Trivedi, M.M.; Parnerkar, S.; Patel, A.M. 2005. Effect of feeding non-conventional sheep mixtures on growth performance of pre-weaned lambs. *Int-J-Agric-Biol. (Pakistan)* Faisalabad. Univ-Agric. 7 (2): 175-179.
- Trochain, J. 1940. Contribution a l'étude de la végétation du Sénégal. *Mémoires-IFAN.* (Inst-Franç-Afr-Noire) N° 2. Paris. Larose. 433 p., 30 pl.
- Troupin, G. 1978. Flore du Rwanda. Spermatophytes. vol. I. *Annales. Musée-Royal-Afr-Centr. sér. in-8°. Sc-Econ. Tervuren.* vol. 9. 413 p.
- Troupin, G. 1982. Flore des plantes ligneuses du Rwanda. *Annales. Musée-Royal-Afr-Centr. sér. in-8°. Sc-Econ. Tervuren.* vol. 12. 747 p.
- Tscharntke, T. 1991. Auswirkungen der Herbivorie auf Wachstum und Konkurrenzfähigkeit von Pflanzen. in: Schmid, B.; Stöcklin, J. (Hrsg.) *Populationsbiologie der Pflanzen.* Basel. Birkhäuser: 254-280.
- Tucker, S.C. 1996. Trends in evolution of floral ontogeny in *Cassia sensu stricto*, *Senna*, and *Chamaecrista* (*Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae: Cassiinae*); a study in convergence. *Am-J-Bot.* Columbus, OH: Bot-Soc-Am., Inc. 83 (6): 687-711.
- Turner, B.C.; Karlander, E.P. 1975. Photoperiodic control of floral initiation in sicklepod (*Cassia obtusifolia* L.). *Bot-Gaz.* Chicago, IL: Univ-Chicago-Press. 136 (1): 1-4.
- Turner, D.C. 1971. The pre-Cambrian and lower Palaeozoic basement of Nigeria. in: UNESCO. *Tectonique de l'Afrique. Science de la terre.* Paris. vol. 6: 255-258.
- Turner, M.D. 1993. Overstocking the range: A critical analysis of the environmental science of Sahelian pastoralism. *Econ-Geogr.* Worcester, MA: Clark-Univ. 69 (4): 402-421.
- Turner, M.D. 1999. No space for participation: Pastoralist narratives and the etiology of park-herder conflict in southeastern Niger. *Land-Degrad-Dev.* Chichester. Wiley. 10 (4): 345-363.
- Tybirk, K. 1991. Regeneration of woody legumes in the Sahel. Århus. AAU-(Århus-Univ)-Report-No 27. Bot-Inst. 81 p.
- Udo, R.K. 1978. A comprehensive geography of West Africa. Ibadan. Heinemann Educational Books (Nigeria) Ltd. 304 p.
- Udo, R.K. 1970. 17. Sokoto and the Rima Basin. in: *Geographical regions of Nigeria.* London; Nairobi; Ibadan. Heinemann Educational Books Ltd: 167-177.
- Ueda, M. *et al.* 1995. Phyllanthurinolactone, a leaf-closing factor of nyctinastic plant, *Phyllanthus urinaria*. *Tetrahedron-Lett.* Oxford. Elsevier. 36 (35): 6267-6270.

- Ueda, M. *et al.* 2000. The diversity of chemical substances controlling the nyctinastic leaf-movement in plants. *Phytochem. Oxford. Pergamon Press.* 53 (1): 39-44.
- Ueda, M. *et al.* 2001a. Potassium 2,3,4-trihydroxy-2-methylbutanoate, a leaf-closing substance of *Leucaena leucocephala*. *Tetrahedron-Lett. Oxford. Elsevier.* 42 (17): 3109-3111.
- Ueda, M.; Ohnuki, T.; Yamamura, S. 1998. Leaf-opening substance of a nyctinastic plant, *Cassia mimosoides*. *Phytochem. Oxford. Pergamon Press.* 49 (3): 633-635.
- Ueda, M.; Wada, Y.; Yamamura, S. 2001b. Direct observation of the target cell for leaf-movement factor using novel fluorescence-labelled probe compounds. *Tetrahedron-Lett. Oxford. Elsevier.* 42 (23): 3869-3872.
- UNESCO. 1971. Tectonique de l'Afrique. Science de la terre. tom. 6. Paris: Carte géologique.
- UNESCO. 1979. Tropical grazing land ecosystems. A state-of-knowledge report. Paris. UNESCO. UNEP. United-Nation-Environ-Progr. FAO. Natur-Resour-Res. XVI. 655 p.
- Upadhyaya, S.K.; Singh, V. 1986. Phytochemical evaluation of *Cassia obtusifolia* L. and *Cassia tora* L. *Proceed-Indian-Acad-Sci. Plant-Sci. Bangalore. Indian-Acad-Sci.* 96 (4): 321-326.
- Uphoff, K. *et al.* 1994. Obstipation. Wie gefährlich sind Laxanzien? *Deutsch-Apoth-Zeitung. Stuttgart. Ulmer.* 134 (19): 1778-1780.
- Uphof, J.C. 1968. Dictionary of economic plants. 2<sup>nd</sup> edn. Lehre. Cramer. 591 p.
- Urbanska, K.M. 1992. Populationsbiologie der Pflanzen: Grundlagen, Probleme, Perspektiven. UTB-(Uni-Taschenbücher)-Wiss. 1631. Stuttgart. Fischer. 374 S.
- Uruakpa, F.O.; Arntfield, S.D. 2006. Surface hydrophobicity of commercial canola proteins mixed with  $\kappa$ -carrageenan or guar gum. *Food-Chem. Amsterdam; Jena. Elsevier.* 95 (2): 255-263.
- USDA. 1967. Legume inoculation. What it is – What it does. *Farmers-Bull.* 2003. Washington, DC. USDA. 10 p.
- USDA. 1975. Soil taxonomy. A basic system for soil classification for making and interpreting soil survey. Washington, DC: USDA. Soil-Conserv-Service.
- USDA. 2002. Plant profile for *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby. <http://plants.usda.gov> on-line-publ.
- Usman, H. 1994a. Cattle trampling and soil compaction effects on soil properties of a north-eastern Nigerian sandy loam. *Arid-Soil-Res-Rehabil.* Washington, DC: Taylor & Francis. 8 (1): 69-75.
- Usman, H. 1994b. Soils susceptible to erosion in north-eastern Nigeria. *Arid-Soil-Res-Rehabil.* Washington, DC: Taylor & Francis. 8 (3): 217-225.

- Usman, H. 1995. Wind erosion in north-eastern Nigeria. I. Erodibility factors. *Arid-Soil-Res-Rehabil.* Washington, DC: Taylor & Francis. 9 (4): 457-466.
- Utke, A.W. 1989. Die spätproterozoische Kruste NW-Nigerias: Geochemie und geotektonische Entwicklung. Berlin-Geowiss-Abhandl. Reihe A, Bd. 109. 93 S.
- Vadivel, V.; Janardhanan, K. 2000. Chemical composition of the underutilized legume *Cassia hirsuta* L. *Plant-Foods-Human-Nutr.* 's-Gravenhage. Kluwer. 55 (4): 396-381.
- Vadivel, V.; Janardhanan, K. 2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, *Cassia floribunda* Cav. *Food-Chem. London. Appl-Sci-Publ.* 73 (2): 209-215.
- Vadivel, V.; Janardhanan, K. 2002. Agrobotanical traits and chemical composition of *Cassia obtusi-folia* L.: A lesser known legume of the western Ghats region of South India. *Plant-Foods-Human-Nutrit.* Dordrecht. Kluwer. 57 (2): 151-164.
- Vadivel, V.; Janardhanan, K.; Vijayakumari, K. 1997. Diversity in agrobotanical, nutritional and antinutritional compounds in the germplasm of *Cassia occidentalis* L. collected from Tamil Nadu, India. *Acta-Bot-Indica. Meerut. Soc-Adv-Bot.* 25 (1): 55-60.
- Vanlauwe, B.; Sanginga, N.; Merckx, R. 2001a. Alley cropping with *Senna siamea* in southwestern Nigeria: I. Recovery of <sup>15</sup>N labelled urea by the alley cropping system. *Plant-Soil.* Dordrecht. Kluwer. 231 (2): 187-199.
- Vanlauwe, B.; Sanginga, N.; Merckx, R. 2001b. Alley cropping with *Senna siamea* in southwestern Nigeria: II. Dry matter, total N, and urea-derived N dynamics of senna and maize roots. *Plant-Soil.* Dordrecht. Kluwer. 231 (2): 201-210.
- Vareshi, V. 1980. *Vegetationsökologie der Tropen.* Stuttgart. Ulmer. 293 S.
- Vencill, W.K. 1994. Absorption, translocation, and metabolism of flurtamone in sicklepod (*Cassia obtusifolia*) and peanut. *J-Plant-Growth-Regul.* New York, NY: Springer. 13 (1): 11-14.
- Verdcourt, B. 1988. Confirmation of the identity of *Cassia sabak* Del. (*Leguminosae*–*Caesalpinioideae*). *Kew-Bull.* London. Her Majesty's Stationary Office. 43 (3): 452.
- Verdcourt, B.; Trump, E.C. 1969. *Common poisonous plants of East Africa.* London; Glasgow. Collins Publ. 254 p.
- Vetter, S. 2003. Equilibrium and non-equilibrium in rangelands – A review of the debate. in: Professional workshop 01. Rangelands in equilibrium and disequilibrium. VII Int-Rangeland-Congr. Durban. Draft Progr.: 2-15.
- Vidigal, M.P. 2002. *Caesalpinaceae.* en: Paiva, J. (ed.) *Flora de Cabo Verde: Plantas vasculares.* 44. Lisboa. Inst-Invest-Cien-Trop. 46 p.
- Vidrine, P.R.; Reynolds, D.B.; Griffin, J.L. 1993. Weed control in soybean (*Glycine max*) with lactofen plus chlorimuron. *Weed-Technol.* Champaign, IL: WSSA. 7 (2): 311-316.
- Vijayakumari, K. *et al.* 1993. Nutritional and anti-nutritional properties of certain under-exploited legume seeds. *Int-J-Food-Sci-Nutr.* Basingstoke. Sci-Med-Div. 44 (3): 181-189.



- Vilà, M.; Williamson, M.; Lonsdale, M. 2004. Competition experiments on alien weeds in crops: Lessons for measuring plant invasion impact? *Biol-Invas.* Dordrecht. Kluwer. 6 (1): 59-69.
- Vitali, A. *et al.* 1998. Purification and partial characterization of a peroxidase from plant cell cultures of *Cassia didymobotrya* and biotransformation studies. *Biochem-J.* London. Portland Press Ltd. 331 (2): 513-519.
- Vogel, T. 1837. *Generis Cassiae synopsis*. Diss-Bot. Berlin. Nietack. 72 p.
- Voss, K.A.; Brennecke, L.H. 1991. Toxicological and haematological effects of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) seeds in Sprague-Dawley rats: A subchronic feeding study. *Toxicon.* Oxford. Pergamon Press. 29 (11): 1329-1336.
- Voß, S. 1997. Desertifikation. Analyse eines weltweiten Expansionsphänomens im Trockenraum. Kiel. Oberseminar: Trocken- und Dürregürtel der Erde. 17 S.
- Wagner, H. *et al.* 1978. Chemical constituents of *Cassia siamea* Lam. *Planta-Med.* Stuttgart. Thieme. 33 (3): 258-261.
- Wagner, K. 1971. Atlas zur physischen Geographie. Meyers Großer Physischer Weltatlas. Teil 4. Mannheim. Bibliogr-Inst. 59 S.
- Walker, A.R. 1953. Usages pharmaceutiques des plantes spontanées du Gabon (fin). *Bull-Inst-Étud-Centrafr. Nouv-Sér.* Brazzaville. 6: 275-321.
- Walker, B.H. 1979. Management principles for semi-arid ecosystems. in: Walker, B.H. (ed.) *Management of semi-arid ecosystems. Developments in agricultural and managed-forest ecology* 7. Amsterdam. Elsevier: 379-388.
- Walker, B.H. 1985. Structure and function of savannas: An overview. in: Tothill, J.C.; Mott, J.J. (eds.) *Ecology and management of the world's savannas*. Canberra. CAB: 83-92.
- Walker, B.H.; Menaut, J-C. 1988. Research procedure and experimental design for savanna ecology and management. UNESCO. MAB. *Man and the Biosphere*. Melbourne, Vic: 119 p.
- Walker, B.H.; Noy-Meir, I. 1982. Aspects of stability and resilience of savanna ecosystems. in: Huntley, B.J.; Walker, B.H. (eds.) *Ecology of tropical savannas. ESAS: Ecological Studies, Analysis and Synthesis* 42. Berlin; New York, NY: Springer: 556-590.
- Walker, H.L. 1982. Seedling blight of sicklepod caused by *Alternaria cassiae*. *Plant-Dis.* St. Paul, MN: Am-Phytopathol-Soc. 66 (5): 426-428.
- Walker, H.L.; Boyette, C.D. 1985. Biocontrol of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) in soybeans (*Glycine max*) with *Alternaria cassiae*. *Weed-Sci.* Champaign, IL: WSSA. 33 (2): 212-215.
- Walker, H.L.; Tilley, A.M. 1997. Evaluation of an isolate of *Myrothecium verrucaria* from sicklepod (*Senna obtusifolia*) as a potential mycoherbicide agent. *Biol-Control. Theory-Appl-Pest-Managem.* San Diego, CA: Acad-Press. 10 (2): 104-111.

- Walkey, D.G. *et al.* 1994. A potyvirus isolated from *Senna occidentalis*. Plant-Pathol. London. HMSO. Her Majesty's Stationary Office. 43 (4): 767-773.
- Wallen, C.C.; Gwynne, M.D. 1978. Drought – A challenge to rangeland management. in: Hyder, D.N. (ed.) Proceed-1-Int-Rangeland-Congr. Denver, CO: Soc-Range-Managem: 21-31.
- Walter, H. 1970. Vegetationszonen und Klima. Stuttgart. Ulmer. 244 S.
- Walter, H. 1973. Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Bd. 1: Die tropischen und subtropischen Zonen. 3. überarb. Aufl. Stuttgart. Fischer. 743 S.
- Walter, H. 1975. Klimadiagramm – Karten der einzelnen Kontinente und die ökologische Klimagliederung der Erde. in: Walter, H. *et al.* (Hrsg.) Vegetationsmonographien der einzelnen Großräume Bd. X. Stuttgart. Fischer. 36 S.
- Walter, H.; Breckle, S.W. 1983. Ökologie der Erde. Bd. I: Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. UTB (Uni-Taschenbücher) Große Reihe. Stuttgart. Fischer. 238 S.
- Walter, H.; Breckle, S.W. 1984. Ökologie der Erde. Bd. II: Spezielle Ökologie der tropischen und subtropischen Zonen. UTB (Uni-Taschenbücher) Große Reihe. Stuttgart. Fischer. 461 S.
- Walter, H.; Lieth, H.; Rehder, H. 1960. Afrika nördlich des Äquators – Kartennr. 33. in: Walter, H.; Lieth, H. (Hrsg.) Klimadiagramm – Weltatlas. 1. Lieferung. Jena. Fischer. 8 lose Blätter. Maßstab 1 : 12000000.
- Wang, J.; Fung, D.Y. 1996 Alkaline-fermented foods: A review with emphasis on pidan fermentation. Critic-Rev-Microbiol. Boca Raton, FL: CRC-(Chem-Rubber-Co.)-Press. 22 (2): 101-138.
- Warburg, O. 1923. Die Pflanzenwelt Bd. II. Dikotyledonen. Vielfruchtler (*Polycarpicae*) bis kaktusartige Gewächse (*Cactales*). Neudruck. Leipzig. Bibliogr-Inst. 544 S.
- Ward, D.; Ngairorue, B.T. 2000. Are Namibia's grasslands desertifying? J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 53 (2): 138-144.
- Waterman, P.G.; Faulkner, D.F. 1979. (–)-Epiafzelechin from the root bark of *Cassia sieberiana*. Planta-Med. Stuttgart. Thieme. 37 (2): 178-179.
- Watson, A.K. (ed.) 1993. *Cassia obtusifolia* L., *C. occidentalis* L. and *C. surattensis* Burm. f. (*Caesalpiniaceae*) in: Biological control of weeds handbook. Monograph-Series-WSSA. No. 7. Champaign, IL: WSSA: 35-37.
- Watt, J.M.; Breyer-Brandwijk, M.G. 1962. The medicinal and poisonous plants of southern and eastern Africa. 2<sup>nd</sup> edn. Edinburgh; London. Livingstone Ltd. 1457 p.
- Webb, C.J. 1980. Checklist of dicotyledons naturalized in New Zealand. 5. *Leguminosae*. New-Zealand-J-Bot. Wellington. Dept-Sci-Indust-Res. 18: 463-472.
- Webb, P.B. 1966. *Leguminosae*, Juss. *Spicilegia Gorgonea*; or A catalogue of all plants as yet discovered in the Cape Verd Islands. in: Hooker, W.J. (ed.) Niger flora; or An enumeration of plants of western tropical Africa. Reprint. Lehre; New York, NY: Cramer: 91-197.

- Weberling, F.; Schwantes, H.O. 2000. Pflanzensystematik. Einführung in die Systematische Botanik. Grundzüge des Pflanzensystems. 7. neubearb. Aufl. Stuttgart. Ulmer. UTB-(Uni-Taschenbücher)-Wiss. 536 S.
- Webster, T.M.; Coble, H.D. 1997. Changes in the weed species composition of the southern United States: 1974-1995. Weed-Technol. Lawrence, KS: WSSA. 11 (2): 308-317.
- Weete, J.D. 1992. Induced systemic resistance to *Alternaria cassiae* in sicklepod. Physiol-Mol-Plant-Pathol. London. Acad-Press. 40 (6): 437-445.
- Wegler, R. 1977. Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Bd. 5: Herbizide. Berlin; Heidelberg; New York, NY: Springer. 752 S.
- Weiss, E. 1989. Guide to plants tolerant of arid and semi-arid conditions. Nomenclature and potential uses. Range management handbook III, 1. Weikersheim. Markgraf. 543 p.
- Weißbach, F. 1993. Wertbestimmende Bestandteile der Futtermittel. in: Jeroch, H.; Flachkowsky, G.; Weißbach, F. (Hrsg.) Futtermittelkunde. Jena; Stuttgart. Fischer: 18-32.
- WESSA. Wildlife-Environ-Soc-South-Afr. 2002. Alien invader plants: *Cassia (Senna) didymobotrya*. KwaZulu Natal Region. 2 p.
- West, N.E. 1988. Plant synecology in the service of rangeland management. in: Tueller, P.T. (ed.) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Dordrecht. Kluwer: 11-28.
- Westermann-Verlag. 1971. Afrika – Klima und Vegetation. Schulwandkarte. Braunschweig. Westermann. Maßstab 1 : 12000000.
- Westfall, R.S. 1995. Catalogue of the scientific community. Indiana-Univ. Dept-Hist-Phil-Sci. Van Helden.
- Westoby, M.; Walker, B.H.; Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 42 (4): 266-274.
- Wetzel, T. 1988. Populationsdynamik. in: Seidel, D. *et al.* Grundlagen der Phytopathologie und des Pflanzenschutzes. (Pflanzenproduktion) 3. durchges. Aufl. Berlin. VEB-(Volkseig-Betrieb)-DLV. Deutsch-Landwirtsch-verlag: 122-145.
- Wezel, A.; Bohlinger, B.; Böcker, R. 1999. Vegetation zones in Niger and Benin – present and past zonation. Stuttgart. Univ-Hohenheim. Dept-Landscape-Plant-Ecol. 18 p.
- Wezel, A.; Hahn-Hadjali, K. 2001. Weniger Holz rund um die Hütte – Wandel der Gehölzartenspektren aus der Sicht der Bevölkerung in Burkina Faso und Niger. Greifswald. Arndt-Univ. Inst-Bot-Landschaftsökol-Naturschutz. 1 S.
- White, F. 1962. Forest flora of Northern Rhodesia. London. Oxford-Univ-Press. 454 p.
- White, F. 1983. The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the UNESCO, AÉTFAT-Vegetation map of Africa. Paris. UNESCO. Natur-Resour-Res. XX. 356 p.

- Whiting, E.C.; Roncadori, R.W. 1997. Occurrence of *Colletotrichum gloeosporioides* on pokeweed and sicklepod stems in Georgia and pathogenicity on black locust. *Canad-J-Plant-Pathol.* Guelph, ON: Canad-Phytopathol-Soc. 19 (3): 256-259.
- Whitty, P.W.; Powell, W.; Sprent, J.I. 1994. Molecular separation of genera in *Cassiinae* (*Leguminosae*), and analysis of variation in the nodulating species of *Chamaecrista*. *Molecular-Ecol.* Oxford. Blackwell. 3 (5): 507-515.
- Whyte, R.O. 1977. Analysis and ecological management of tropical grazing lands. in: Krause, W. (ed.) *Application of vegetation science to grassland husbandry*. pt. 13. *Handbook of vegetation science*. 's-Gravenhage. Junk-Publ: 3-121.
- Wick, B.; Kuhne, R.F.; Vlek, P.L. 1998. Soil microbiological parameters as indicators of soil quality under improved fallow management systems in south-western Nigeria. *Plant-Soil.* Dordrecht. Kluwer. 202 (1): 97-107.
- Wickens, G.E. 1976. The flora of Jebel Marra (Sudan Republic) and its geographical affinities. *Kew-Bull. Additional-Series*. V. London; Kew. Royal-Bot-Gardens. 368 p.
- Wijk van, G.H. 1962. 132. *Cassia* Tourn. Fam. *Leguminosae*. in: *A dictionary of plant names*. vol. I. pt. 1. Amsterdam. Asher: 261-264.
- Wilcock, T.E. *et al.* 2004. A comparison of *Cassia sturtii*, *Tripteris sinuatum* and *Sutherlandia microphylla*: Three forage shrubs applicable to regeneration of degraded rangeland in the Northern Cape Province. *South-Afr-J-Anim-Sci.* Hatfield. *South-Afr-Soc-Anim-Sci.* 34 (S1): 114-116.
- Wilcut, J.W. 2002. CS 414 – Weed science. Course notes. Raleigh, NC: North-Carolina-State-Univ. Dept-Crop-Sci. Coll-Agric-Life-Sci. 252 p.
- Wilcut, J.W.; York, A.C.; Wehtje, G.R. 1994. The control and interaction of weeds in peanut (*Arachis hypogaea*). *Rev-Weed-Sci.* Champaign, IL: WSSA. 6: 177-205.
- Wildeman de, É. *et al.* 1935. A propos de médicaments indigènes congolais. *Mémoires-Inst-Royal-Colon-Belge. Section-Sci-Natur-Méd.* Collection in-8°. Bruxelles. Campenhout. tom. III. fascicule 3. 127 p.
- Wilkinson, R.E. 1970a. Sicklepod fatty acid response to photoperiod. *Plant-Physiol.* Rockville, MD: Am-Soc-Plant-Physiol. 46: 463-465.
- Wilkinson, R.E. 1970b. Sicklepod leaflet, petiole, stem, and seed total hydrocarbon content. *Bot-Gaz.* Chicago, IL: Univ-Chicago-Press. 131 (4): 281-284.
- Wilkinson, R.E. 1972. Sicklepod hydrocarbon response to photoperiod. *Phytochem.* Oxford. Pergamon. 11 (4): 1273-1280.
- Wilkinson, R.E. 1974. Sicklepod surface wax response to photoperiod and S-(2,3-dichloroallyl) diisopropylthiocarbamate (diallate). *Plant-Physiol.* Rockville, MD: Am-Soc-Plant-Physiol. 53 (2): 269-275.

- Wilkinson, R.E.; Hardcastle, W.S. 1969. Comparative fatty acid content of various organs of *Cassia tora* L. Bot-Gaz. Chicago, IL: Univ-Chicago-Press. 130 (4): 254-258.<sup>84</sup>
- Wilkinson, R.E.; Hardcastle, W.S.; Worthington, R.E. 1969. Hydrocarbon content of sicklepod (*Cassia tora* L.) Bot-Gaz. Chicago, IL: Univ-Chicago-Press. 130 (4): 251-254.<sup>84</sup>
- Willdenow, C.L. 1799. *Caroli a Linné Species Plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivalibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. tom. II. p.1. edn. 4. Berlin. Impenis-Nauk. 1340 p.
- Williams, H.L.; Fenster, C.B. 1998. Ecological and genetic factors contributing to the low frequency of male sterility in *Chamaecrista fasciculata* (Fabaceae). Am-J-Bot. Columbus, OH: Bot-Soc-Am. 85 (9): 1243-1250.
- Williams, M.J.; Chambliss, C.G.; Brolmann, J.B. 1993. Potential of 'Savanna' stylo as a stock-piled forage for the subtropical USA. J-Prod-Agric. Madison, WI: Am-Soc-Agron. 6 (4): 553-556.
- Williams, M.J.; Chambliss, C.G.; Brolmann, J.B. 1995. Dry matter partitioning in a true vs. facultative annual forage legume. Agron-J. Madison, WI: Am-Soc-Agron. 87 (6): 1216-1220.
- Wilson, A.D.; MacLeod, N.D. 1991. Overgrazing: Present or absent? J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 44 (5): 475-482.
- Wilson, A.D.; Tupper, G.J. 1982. Concepts and factors applicable to the measurement of range condition. J-Range-Managem. Denver, CO: Soc-Range-Managem. 35 (6): 684-689.
- Wilson, R.G. 1988. Biology of weed seeds in the soil. in: Altieri, M.A.; Liebman, M. (eds.) Weed management in agroecosystems: Ecological approaches. Boca Raton, FL: CRC-(Chem-Rubber-Co.)-Press: 25-40.
- Wink, M.; Käss, E.; Kaufmann, M. 1993. Molecular versus chemical taxonomy. Planta-Med. Stuttgart. Thieme. Official-Organ-Soc-Med-Plant-Res. 59 (S): A594-A595.
- Winkler, S. 1973. Einführung in die Pflanzenökologie. Stuttgart. Fischer. UTB. Uni-Taschenbücher 169. 220 S.
- Wit de, H.C. 1955. A revision of the genus *Cassia* (Caesalp.) as occurring in Malaysia. Webbia. Firenze. Racc-Scritt-Bot. 11: 197-292.
- Wright, S.R. et al. 1999a. Comparative responses of soybean (*Glycine max*), sicklepod (*Senna obtusifolia*), and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to root zone and aerial temperatures. Weed-Sci. Lawrence, KS: WSSA. 47 (2): 167-174.
- Wright, S.R. et al. 1999b. Root morphology of young *Glycine max*, *Senna obtusifolia*, and *Amaranthus palmeri*. Weed-Sci. Lawrence, KS: WSSA. 47 (6): 706-711.
- WSSA. 1989. Composite list of weeds. rev. edn. Champaign, IL. 112 p.

<sup>84</sup> *S. obtusifolia* wird als *Cassia tora* bezeichnet; in Folgeartikeln korrekte Benennung [Anmerkung des Verfassers]

- Wu, Y.V.; Abbott, T.P. 2005. Gum and protein enrichment from sicklepod (*Cassia obtusifolia*) seed by fine grinding and sieving. Indust-Crops-Prod. Amsterdam. Elsevier. 21 (3): 387-390.
- Wu Leung, W.T.; Busson, F.; Jardin, C. (eds.) 1968. Food composition table for use in Africa. Roma. FAO. ARPA. Advanced-Res-Project-Agency. No. 580: 57-68.
- Wunderlich, R.; Hansen, B. 2002. Atlas of Florida vascular plants. Univ-South-FL: Inst-Syst-Bot. on-line-publ. <http://www.plantatlas.usf.edu>
- Wyk van, P. 1984. Field guide to the trees of the Kruger National Park. Cape Town. Struik-Publ. 272 p.
- Xue, Y.; Shukla, J. 1993. The influence of land surface properties on Sahel climate. I. Desertification. J-Climate. Boston, MA: Am-Meteorol-Soc. 6 (12): 2232-2245.
- Yadav, V.B. 1980. Effect of some growth regulators on pollen germination and pollen tube growth in *Cassia tora* L. and *Cassia obtusifolia* L. Comp-Physiol-Ecol. Jodhpur. 5 (3): 165-168.
- Yagi, S.M.; El Tigani, S.; Adam, S.E. 1998. Toxicity of *Senna obtusifolia* fresh and fermented leaves (kawal), *Senna alata* leaves and some products from *Senna alata* on rats. Phytother-Res. Sussex. Wiley. 12 (5): 324-330.
- Yamoleka, G. 2001. Pflanzensoziologische Untersuchungen der Segetalvegetation in der Sudanzone Westafrikas. Diss. Fachbereich-Biol. Frankfurt a.M. 317 S.
- Yang, Y.C.; Lim, M.Y.; Lee, H.S. 2003. Emodin isolated from *Cassia obtusifolia* (Leguminosae) seeds shows larvicidal activity against three mosquito species. J-Food-Agric-Chem. Washington, DC: Am-Chem-Soc. 51 (26): 7629-7631.
- Yassin, A.M. 1979. Weeds as alternative hosts of plant pathogens in Sudan. in: Weed Research in Sudan. vol. 1. Proceed-Sympos. Stuttgart. Berichte-Fachbereich-Herbol. Heft 18.
- Yatazawa, M.; Hambali, G.G.; Uchino, F. 1983. Nitrogen fixing activity in warty lenticellate tree barks. Soil-Sci-Plant-Nutr. Tokyo. Japan-Soc-Soil-Sci-Plant-Nutr. 29 (3): 285-294.
- Young, J.A. 1988. Seedbeds as selective factors in the species composition of rangeland communities. in: Tueller, P.T. (ed.) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Dordrecht. Kluwer: 171-188.
- Young, M.D. 1993. National and international influences that drive savanna land use. in: Young, M.D.; Solbrig, O.T. (eds.) The world's savannas. Paris. MAB (Man-Biosphere)-Series 12: 81-89.
- Yudelman, M. 1991. The Sahel and the environment. The problem of the desertification. Basel. Soziol-Sem-Univ. Forschungsberichte vol. 4. Nr. 1. 55 p.
- Zaied, A.A.; El Deeb, S.; Al Masry, M.H. 1989. Effect of plant spacing on growth, yield and active ingredients of *Cassia acutifolia* (Del.) plant. Minia-J-Agric-Res-Dev. Cairo. Al Minia-Univ. (1994) 11 (3): 1345-1356.

- Zech, W. 1980. Überlegungen zur Gliederung von Sahelstandorten mit Beispielen aus Senegal und Obervolta. *Mitteil-Bundesforsch-anstalt-Forst-Holzwirtsch.* Hamburg. 132: 71-164.
- Zelck, S. 1989. Unkrautbekämpfung auf tropischen Weiden. Dipl-arbeit. Giessen. (unveröffentl.)
- Zepernick, B.; Langhammer, L.; Lüdcke, J.B. 1984. *Lexikon der offizinellen Arzneipflanzen.* Berlin; New York, NY: Gruyter. 546 S.
- Zhang, L-M.; Zhou, J-F.; Hui, P.S. 2005. A comparative study on viscosity behavior of water soluble chemically modified guar gum derivatives with functional lateral groups. *J-Sci-Food-Agric.* New York, NY: Soc-Chem-Indust. Wiley. 85 (15): 2638-2644.
- Zhang, Z.; Yu, B. 2003. Total synthesis of the antiallergic naphtho- $\alpha$ -pyrone tetraglucoside, cassiaside C<sub>2</sub>, isolated cassia seeds. *J-Organic-Chem.* Washington, DC: Am-Chem-Soc. 68 (16): 6309-6313.
- Zheng, W.J. *et al.* 2004. Identification and determination of active anthraquinones in Chinese teas by micellar electrokinetic capillary chromatography. *Biomed-Chromatogr.* Chichester. Wiley. 18 (3): 167-172.
- Zhou, Y.Q. *et al.* 2001. An efficient protocol for plant regeneration from cotyledons of *Cassia obtusifolia* seedlings. *Israel-J-Plant-Sci.* Jerusalem. Laser-Pages-Publ. 49 (3): 209-212.
- Zimdahl, R.L. 1980. Weed-crop competition. A review. Corvallis, OR: IPPC. Int-Plant-Protect-Center. 196 p.
- Zimpel, H-G. (Verf.) 2000. *Lexikon der Weltbevölkerung. Geographie, Kultur, Gesellschaft.* Hamburg. Nikol. Sonderausgabe. 615 S.
- Zwerenz, K. 2001. *Statistik. Datenanalyse mit EXCEL und SPSS.* 2. überarb. Aufl. München; Wien. Oldenbourg. 422 S.
- Zwerger, P. 1995. Unkraut oder Wildkraut – Ein Diskussionsbeitrag zum Begriff und Wesen des Unkrauts. *Nachr-blatt-Deutsch-Pflanzenschutzdienst.* Stuttgart. Ulmer. 47: 321-325.

## Anhang

### Verzeichnis der Abbildungen im Anhang

Abb. A2.1 Mittlere Tageslufttemperaturen [°C] und relative Luftfeuchte [%] im nördlichen Teil des Zamfara-Weidereservats von März 1993 bis Oktober 1996 (Monatsmittel aus täglicher Messung, Station Gidan Jaja)

Abb. A2.2 Verteilung der Monatsniederschläge (Station Faru) von März 1993 bis Oktober 1996

Abb. A5.1 Schematischer Übersichtsplan der Station Faru mit Lage der Weideökotypen, der angelegten Versuchsblöcke und der Transekten sowie Abzäunungen von 1993-96 (Entfernungen nicht maßstabsgerecht)

Abb. A5.2 Transekten zur Entwicklung der Samenbank (I;  $n = 5$ ) und der Bestimmung des Bodenbedeckungsgrads (II;  $n = 20$ ) von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen ( $0,25 \text{ m}^2$ ; Abstand zwischen den Messpunkten und vom Zaunpfosten je  $50 \text{ cm}$ )

Abb. A6 Schematische Darstellung der Versuchsfläche ( $1 \text{ ha}$ ) zur Bestimmung der Arten der Krautschicht und Entnahmeorte der Bodenproben in hoch (A) und spärlich (B) mit *Senna obtusifolia* verunkrauteten Flächen (jeweils  $n = 5$ ) in den drei Weideökotypen mit zufällig verteilten Messquadraten ( $0,25 \text{ m}^2$ )

Abb. A7.1 Schema der Anlage des Vorversuchs sowie Bestimmung der Wuchsform und -höhe und des Bodensamenvorrats von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen, angelegt im September/Oktober 1993 (Parzelle =  $3 \text{ m}^2$ )

Abb. A7.2 Anordnung der Versuchsparzellen in der offenen Savanne im Hauptversuch, angelegt Mai 1994 (Parzelle =  $3 \text{ m}^2$ )

Abb. A7.3 Anordnung der Versuchsparzellen in der geschützten Savanne im Hauptversuch, angelegt im Mai 1994 (Parzelle =  $3 \text{ m}^2$ )

Abb. A7.4 Anordnung der Versuchsparzellen in der kultivierten Savanne im Hauptversuch, angelegt im Mai 1994 (Parzelle =  $3 \text{ m}^2$ )

### Verzeichnis der Tabellen im Anhang

Tab. A2.1 Verteilung der monatlichen Niederschläge [mm] der Station Faru von 1993-96

Tab. A2.2 Klimawerte für Faru ( $460 \text{ m üNN}$ ) und Umgebung im Mittel der Jahre 1961-90 (NEW *et al.* 2002, HOF pers. Mitteil. 2003)

Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung (mit einem \* versehene Arten sind in Afrika eingeführte spp. LOCK 1988)

Tab. A5.1 Wuchshöhe von *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit von der Wuchsform in der geschützten und kultivierten Savanne für Oktober 1993 im Median-Test ( $n = 13$ )



Tab. A5.2 Wuchshöhe von *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit von der Wuchsform im Mittel der Weideökotypen für Oktober 1993 im F-Test der Varianzanalyse (n = 13)

Tab. A5.3 Unterschiede in der Wuchshöhe von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen unabhängig von der Wuchsform für Oktober 1993 im Dunnett-T3-Test (n = 13)

Tab. A5.4 Mittelwerte der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) sowie Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10)

Tab. A5.5 Schätzung der Einflüsse von Behandlung, Weideökotyp und Jahreszeit (Monat) auf den Bodensamenvorrat von *Senna obtusifolia* mittels ANOVA-F-Test

Tab. A5.6 Monatsvergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* im Mittel der drei Weideökotypen 1993 (n = 39) und 1994-96 (n = 75) im Dunnett-T3-Test

Tab. A5.7 Unterschiede der Bodensamenvorräte von *S. obtusifolia* im Mittel der drei Weideökotypen 1993 (n = 91) und 1994-96 (n = 175) im Mehrfachvergleich – Dunnett-T3-Test

Tab. A5.8 *Senna obtusifolia*-Bodensamenvorrat in drei Weideökotypen zu unterschiedlichen Zeitpunkten 1993 (n = 13) und 1994-96 (n = 25) im Binomial-Test

Tab. A5.9 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* zu Beginn und Ende der Trockenzeit in drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) und Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10) im Binomial-Test

Tab. A5.10 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* in den Parzellen der drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) und Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10) im Binomial-Test

Tab. A5.11 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) und Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10) im Binomial-Test

Tab. A5.12 Anzahl von *Senna obtusifolia*-Samen im Boden über eine Vegetationsperiode (Juni bis Oktober 1996) in drei Weideökotypen (n = 5; 25 × 25 × 5 cm)

Tab. A5.13 Keim- und Entwicklungsverlauf von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in drei Weideökotypen (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>) unter Berücksichtigung der Jahresniederschläge (NS)

Tab. A5.14 Rohrnährstoffgehalt und Verdaulichkeit von *S. obtusifolia*-Blattproben während der Regenzeit und zu Beginn der Trockenzeit 1994/95 im t-Test für unabhängige Stichproben

Tab. A6.1 Vergleich physikalischer Bodenmerkmale in Böden in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte 1996 in der Varianzanalyse

Tab. A6.2 Vergleich der pH-Werte und chemischer Merkmale in Böden in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte 1996 in der Varianzanalyse

Tab. A6.3 Vergleich der minimalen Wasserkapazität von Bodenproben im Feld bei unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte ( $n = 3$ ) mittels zweifaktorieller Varianzanalyse

Tab. A6.4 Vergleich der pH-Werte im Feld von Bodenproben im Feld bei unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte ( $n = 3$ ) mittels Median-Test

Tab. A6.5 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für minimale Wasserkapazität in Abhängigkeit vom pH-Wert (Feld) von Böden in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte 1996

Tab. A6.6 Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ) für die *Senna obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit der Bodenmerkmale im August in drei Weideökotypen 1996

Tab. A6.7 Vergleich der Anzahl der Arten der Krautschicht insgesamt in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.8 Vergleich der Anzahl der Gräserarten in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.9 Vergleich der Anzahl der Kräuterarten in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.10 Vergleich der Anzahl der Individuen der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.11 Vergleich der Anzahl der Gräser in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.12 Vergleich der Anzahl der Kräuter in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.13 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Gräserarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit hoher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.14 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Kräuterarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit hoher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.15 Gesamtzahl der Pflanzen der Krautschicht außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit hoher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.16 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Gräser- und Seggenarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit spärlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.17 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Kräuterarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit spärlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.18 Gesamtzahl der Pflanzen der Krautschicht außerhalb der Versuchspartzen in Flächen mit spärlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.19 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.20 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.21 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.22 Vergleich der Anzahl wichtiger Seggenarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.23 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.24 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.25 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Tab. A6.26 Vergleich der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ ) im Mittel der drei Weideökotypen Juni - Oktober 1996 im Binomial-Test

Tab. A6.27 Bodenbedeckung, Biodiversität der Krautschicht und *Senna obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit von Weideökotyp und Verunkrautung (Monatsmittel) im Mittelwertvergleich

Tab. A6.28 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *S. obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht über eine Vegetationsperiode (Juni, August, Oktober 1996,  $n = 15$ )

Tab. A6.29 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 15$ )

Tab. A6.30 Kovarianzanalyse für die *Senna obtusifolia*-Anzahl in hoch verunkrauteten Flächen verglichen mit der Anzahl der Gräser und Kräuter insgesamt

Tab. A6.31 Kovarianzanalyse für die *Senna obtusifolia*-Anzahl in gering verunkrauteten Flächen verglichen mit der Anzahl der Gräser und Kräuter insgesamt

Tab. A6.32 Wuchshöhen der Krautschicht [cm] in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen im Mittelwertvergleich

Tab. A6.33 Wuchshöhen von *Senna obtusifolia* [cm] in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen im Mittelwertvergleich

Tab. A6.34 Wuchshöhen der Krautschicht und *Senna obtusifolia* [cm] in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit vom Weideökotyp im Mittelwertvergleich

Tab. A6.35 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für die Wuchshöhen von *S. obtusifolia* und der Krautschicht [cm] in drei Weideökotypen über die Vegetationsperiode 1996

Tab. A6.36 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der offenen Savanne im Juni und August im Median-Test ( $n = 5$ )

Tab. A6.37 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der geschützten Savanne im Juni und August im  $t$ -Test für unabhängige Stichproben ( $n = 5$ )

Tab. A6.38 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte in der geschützten Savanne im Oktober im exakten Test nach Fisher ( $n = 5$ )

Tab. A6.39 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der kultivierten Savanne im Juni und August im Einstichproben  $t$ -Test ( $n = 5$ )

Tab. A6.40 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der kultivierten Savanne im Oktober im exakten Test nach Fisher ( $n = 5$ )

Tab. A6.41 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen im Median-Test

Tab. A6.42 Mittlerer Bodenbedeckungsgrad von *Senna obtusifolia* [%] nach Daubenmire in drei Weideökotypen ( $0,25 \text{ m}^2$ ;  $n = 20$ ) im Verlauf einer Vegetationszeit (1996)

Tab. A7.1 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der offenen Savanne 1993-96 [ $0,25 \text{ m}^2$ ]

Tab. A7.2 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der offenen Savanne 1993-96 [ $0,25 \text{ m}^2$ ]

Tab. A7.3 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der geschützten Savanne 1993-96 [ $0,25 \text{ m}^2$ ]

Tab. A7.4 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der geschützten Savanne 1993-96 [ $0,25 \text{ m}^2$ ]

Tab. A7.5 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der kultivierten Savanne 1993-96 [ $0,25 \text{ m}^2$ ]

Tab. A7.6 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der kultivierten Savanne 1993-96 [ $0,25 \text{ m}^2$ ]

Tab. A7.7 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Juni 1995 mittels Tukey-Test

Tab. A7.8 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>] mittels Mehrfachvergleichen

Tab. A7.9 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>] mittels Mehrfachvergleichen

Tab. A7.10 Vergleich der Anzahl von *S. obtusifolia*-Pflanzen in der kultivierten Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>] mittels Mehrfachvergleichen

Tab. A7.11 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der offenen Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Tab. A7.12 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der offenen Savanne im LSD-Test (Vorversuch)

Tab. A7.13 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der geschützten Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Tab. A7.14 Unterschiede in der Dichte von *S. obtusifolia*-Pflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der geschützten Savanne in Mehrfachvergleichen (Vorversuch)

Tab. A7.15 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Tab. A7.16 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im August 1994 verglichen mit August 1995 und 1996 in der offenen Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Tab. A7.17 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im August 1994 verglichen mit August 1994 und 1996 in der offenen Savanne im LSD-Test (Vorversuch)

Tab. A7.18 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im August 1993 verglichen mit August 1994-96 in der geschützten Savanne LSD-Test (Vorversuch)

Tab. A7.19 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offenen Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.20 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offenen Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.21 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offenen Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.22 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offene Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.23 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offene Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.24 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offene Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.25 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1994-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.26 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.27 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.28 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.29 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1994-95 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.30 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.31 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.32 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.33 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen und geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Tab. A7.34 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Tab. A7.35 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der geschützten und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 bis 1996 im Binomial-Test

Tab. A7.36 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994-95 im Binomial-Test

Tab. A7.37 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Tab. A7.38 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Tab. A7.39 Methodenvergleich mittels Binomial-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Juli 1994

Tab. A7.40 Methodenvergleich mittels Dunnett-T3-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im August 1994

Tab. A7.41 Methodenvergleich mittels Binomial-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im September 1994

Tab. A7.42 Methodenvergleich mittels Binomial-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Oktober 1994

Tab. A7.43 Methodenvergleich mittels Tukey-Test für die Anzahl von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im November 1994

Tab. A7.44 Methodenvergleich mittels Dunnett-Test für die Anzahl von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Oktober 1996

Tab. A7.45 Methodenvergleich mittels Dunnett-T3-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Juli 1994

Tab. A7.46 Methodenvergleich für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>]

Tab. A7.47 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Tab. A7.48 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Tab. A7.49 Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 u. 1996 in der geschützten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Tab. A7.50 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der geschützten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Tab. A7.51 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Tab. A7.52 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Tab. A7.53 Vergleich der Anzahl von *Andropogon gayanus* und *Pennisetum pedicellatum* in der offenen und der geschützten Savanne (n = 3; 0,25 m<sup>2</sup>) im Binomial-Test

Tab. A7.54 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in der offenen und geschützten Savanne in eingesäten Parzellen (n = 3; 0,25 m<sup>2</sup>) im Binomial-Test

Tab. A7.55 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und der geschützten Savanne in eingesäten Parzellen ( $n = 3$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ ) im Binomial-Test

Tab. A8.1 Überblick über wichtige Weide- und Futtergräser der trockenen Tropen mit Sommerregen (BOGDAN 1977, LEGEL 1990b, GLATZLE 1990, SKERMAN & RIVEROS 1990)

Tab. A8.2 Überblick über wichtige Weide- und Futterleguminosen der trockenen Tropen mit Sommerregen (BOGDAN 1977, LEGEL 1990b, SKERMAN *et al.* 1988, GLATZLE 1990)

Tab. N1 *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby in der (botanischen) Literatur



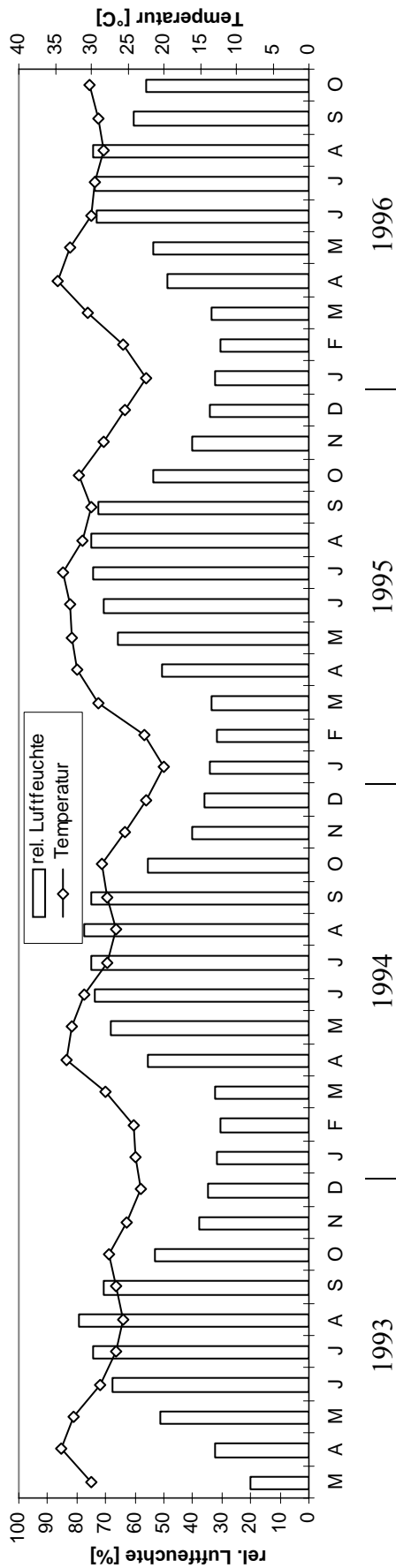


Abb. A2.1 Mittlere Tageslufttemperaturen [°C] und relative Luftfeuchte [%] im nördlichen Teil des Zamfara-Weidereservats von März 1993 bis Oktober 1996 (Monatsmittel aus täglicher Messung, Station Gidan Jaja)

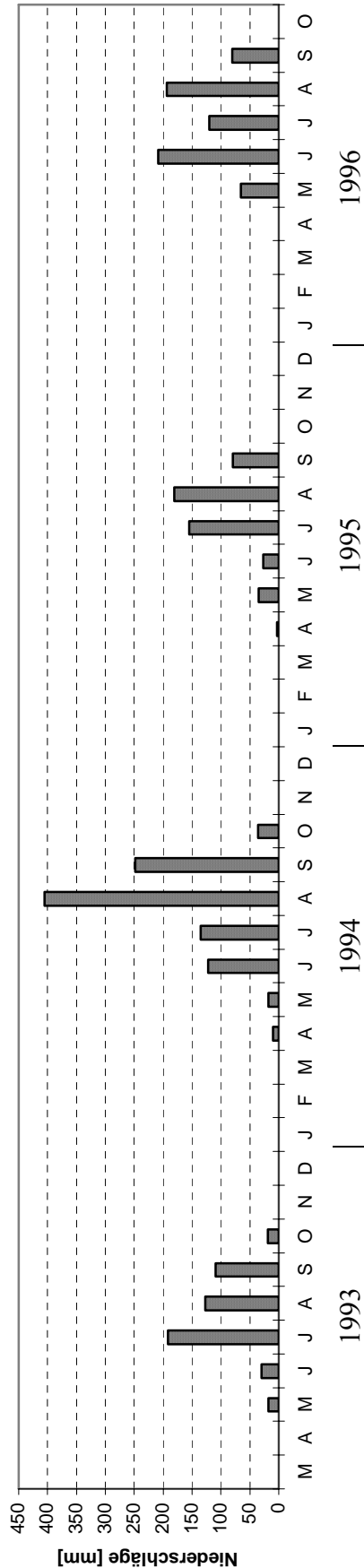


Abb. A2.2 Verteilung der Monatsniederschläge (Station Faru) von März 1993 bis Oktober 1996

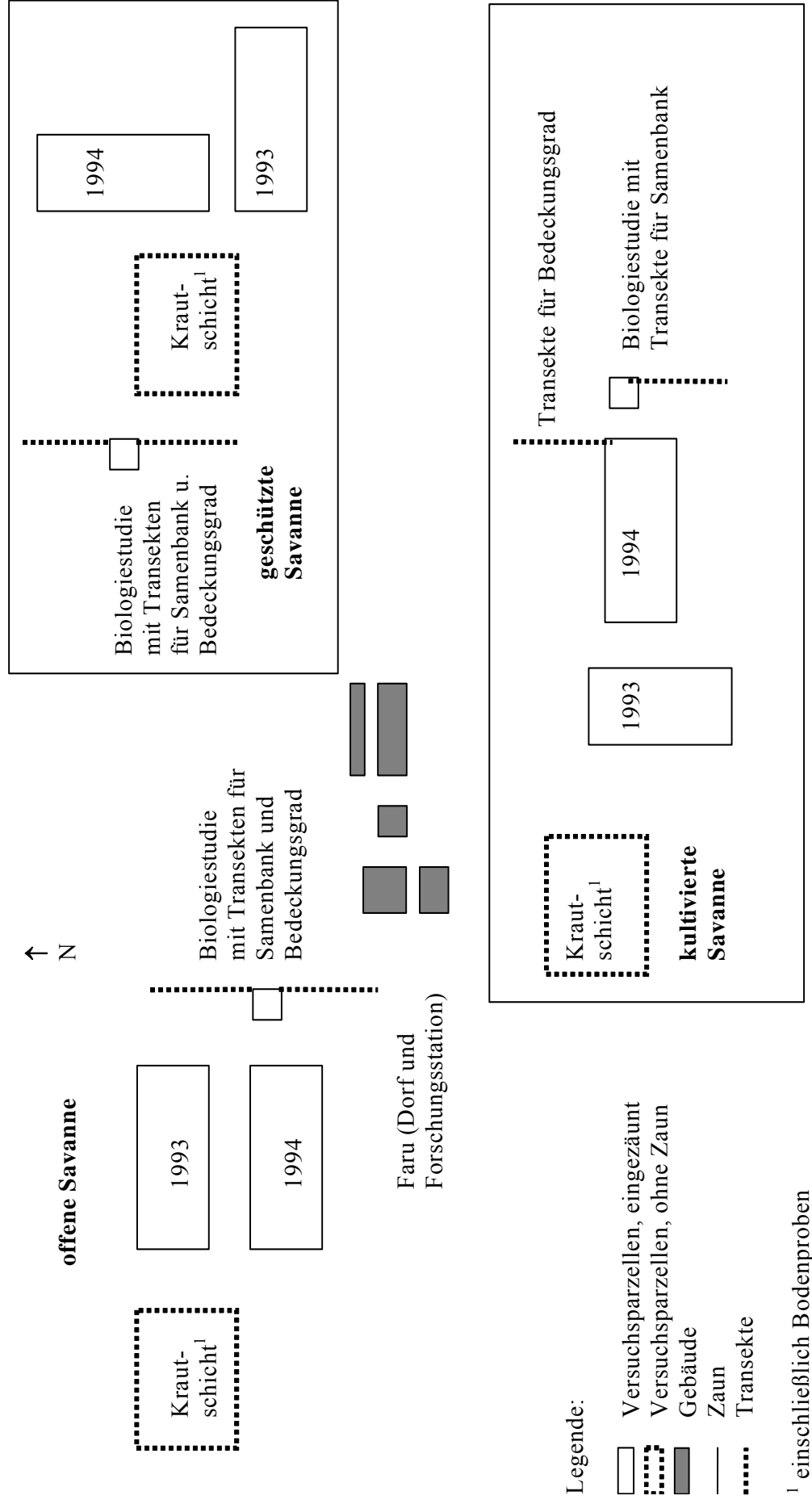


Abb. A5.1 Schematischer Übersichtsplan der Station Faru mit Lage der Weideökotypen, der angelegten Versuchsböcke und der Transekten sowie Abzäunungen von 1993-96 (Entfernungen nicht maßstabsgerecht)

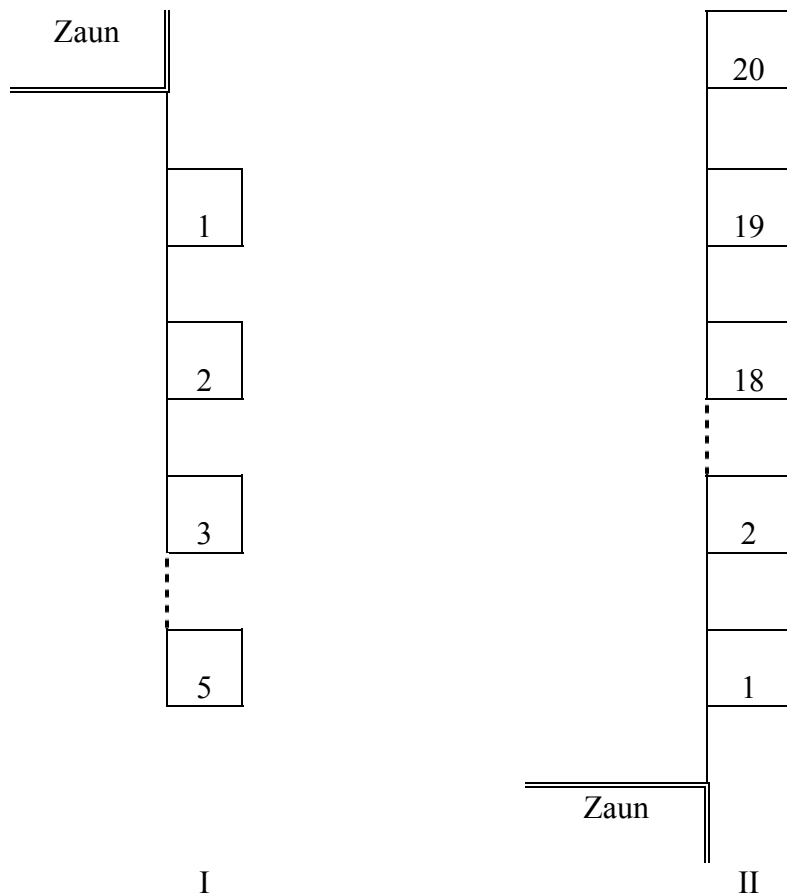


Abb. A5.2 Transekte zur Entwicklung der Samenbank (I;  $n = 5$ ) und der Bestimmung des Bodenbedeckungsgrads (II;  $n = 20$ ) von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen ( $0,25 \text{ m}^2$ ; Abstand zwischen den Messpunkten und vom Zaunpfosten je 50 cm)

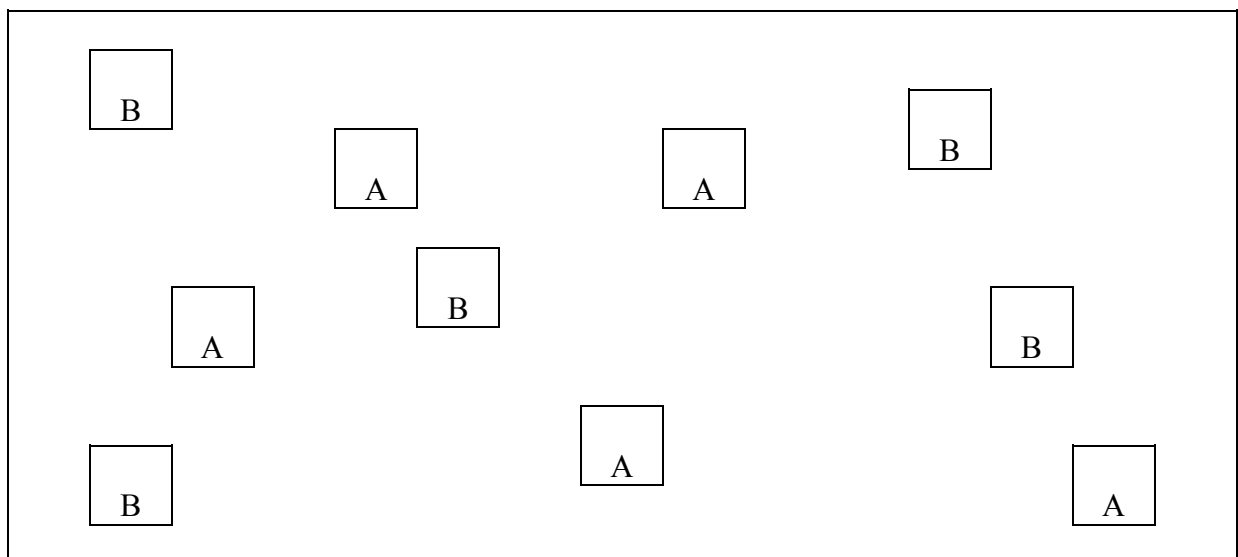


Abb. A6 Schematische Darstellung der Versuchsfläche (1 ha) zur Bestimmung der Arten der Krautschicht und Entnahmeorte der Bodenproben in hoch (A) und spärlich (B) mit *Senna obtusifolia* verunkrauteten Flächen (jeweils  $n = 5$ ) in den drei Weideökotypen mit zufällig verteilten Messquadraten ( $0,25 \text{ m}^2$ )

offene Savanne	geschützte Savanne	kultivierte Savanne
Kontrolle	Kontrolle	Schnitt
Schnitt	Jäten	Jäten
Kontrolle	Jäten	Jäten
Schnitt	Schnitt	Schnitt
Schnitt	Jäten	Schnitt
Schnitt	Kontrolle	Kontrolle
Kontrolle	Kontrolle	Kontrolle
Jäten	Jäten	Jäten
Jäten	Schnitt	Schnitt
Jäten	Schnitt	Jäten
Schnitt	Jäten	Schnitt
Jäten	Schnitt	Jäten
Jäten	Schnitt	Kontrolle

Abb. A7.1 Schema der Anlage des Vorversuchs sowie Bestimmung der Wuchsform und -höhe und des Bodensamenvorrats von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen, angelegt im September/Okttober 1993 (Parzelle = 3 m<sup>2</sup>)

monatliches Jäten	Jätevariante 1	<i>A. gayanus</i>
<b>2,4-D Applikation</b>	Jätevariante 2	Schnittvariante 1
Schnittvariante 2	Kontrolle	monatlicher Schnitt
<i>P. pedicellatum</i>	Schnittvariante 1	<b>Schnittvariante 3</b>
Schnittvariante 2	<b>Jätevariante 3</b>	Jätevariante 1
<b>Schnittvariante 3</b>	Jätevariante 2	<b>Jätevariante 3</b>
Kontrolle	ohne <sup>85</sup>	<b>(Kontrolle Samen)<sup>1</sup></b>

## 1. Wiederholung

Jätevariante 1	Jätevariante 3	Schnittvariante 1
ohne	2,4-D Applikation	Schnittvariante 2
<i>A. gayanus</i>	Jätevariante 2	<i>P. pedicellatum</i>
Schnittvariante 1	Jätevariante 2	Schnittvariante 3
Jätevariante 1	ohne	Kontrolle
Schnittvariante 3	Jätevariante 3	Schnittvariante 2
monatlicher Schnitt	Kontrolle	monatliches Jäten

## 2. Wiederholung

2,4-D Applikation	ohne	Schnittvariante 3
Schnittvariante 2	Kontrolle	Jätevariante 2
monatliches Jäten	ohne	Schnittvariante 3
Kontrolle	Schnittvariante 1	Jätevariante 1
<i>P. pedicellatum</i>	Jätevariante 3	monatlicher Schnitt
Schnittvariante 2	Jätevariante 2	Schnittvariante 1
Jätevariante 3	Jätevariante 1	<i>A. gayanus</i>

## 3. Wiederholung

Variante 1 = Behandlung zu Beginn der Regenzeit

Variante 2 = Behandlung während des Maximums der Regenzeit

Variante 3 = Behandlung zu Beginn der Trockenzeit (**fettgedruckt** = Bestimmung des Bodensamenvorrats)

Abb. A7.2 Anordnung der Versuchspartzellen in der offenen Savanne im Hauptversuch, angelegt Mai 1994 (Parzelle = 3 m<sup>2</sup>)

<sup>85</sup> In diesen Parzellen war der Einsatz von pyrotechnischen Maßnahmen (Feuer) geplant.

<b>Schnittvariante 3</b>	<b>Jätevariante 3</b>	monatliches Jäten
Kontrolle	<b>Schnittvariante 3</b>	<i>P. pedicellatum</i>
Schnittvariante 1	ohne <sup>86</sup>	Schnittvariante 2
monatlicher Schnitt	Schnittvariante 2	<b>2,4-D Applikation</b>
Jätevariante 1	Schnittvariante 1	Jätevariante 2
Jätevariante 2	<i>A. gayanus</i>	<b>Jätevariante 3</b>
Jätevariante 1	Kontrolle	<b>(Kontrolle Samen)<sup>1</sup></b>

## 1. Wiederholung

<i>A. gayanus</i>	ohne	Jätevariante 2
monatliches Jäten	Schnittvariante 2	Schnittvariante 1
Schnittvariante 3	Kontrolle	2,4-D Applikation
Schnittvariante 3	Jätevariante 1	Jätevariante 2
Schnittvariante 1	Jätevariante 1	Jätevariante 3
Schnittvariante 2	<i>P. pedicellatum</i>	Kontrolle
Jätevariante 3	ohne	monatlicher Schnitt

## 2. Wiederholung

Kontrolle	monatlicher Schnitt	ohne
Jätevariante 2	Schnittvariante 1	monatliches Jäten
Jätevariante 3	Schnittvariante 1	<i>A. gayanus</i>
Schnittvariante 2	Jätevariante 2	Schnittvariante 3
Jätevariante 1	Jätevariante 3	<i>P. pedicellatum</i>
Jätevariante 1	Schnittvariante 2	2,4-D Applikation
ohne	Kontrolle	Schnittvariante 3

## 3. Wiederholung

Variante 1 = Behandlung zu Beginn der Regenzeit

Variante 2 = Behandlung während des Maximums der Regenzeit

Variante 3 = Behandlung zu Beginn der Trockenzeit (**fettgedruckt** = Bestimmung des Bodensamenvorrats)

Abb. A7.3 Anordnung der Versuchspartzellen in der geschützten Savanne im Hauptversuch, angelegt im Mai 1994 (Parzelle = 3 m<sup>2</sup>)

<sup>86</sup> In diesen Parzellen war der Einsatz von pyrotechnischen Maßnahmen (Feuer) geplant.

monatlicher Schnitt	Schnittvariante 1	Jätevariante 1
Kontrolle	Jätevariante 2	Schnittvariante 2
<b>Jätevariante 3</b>	Jätevariante 2	monatliches Jäten
Jätevariante 1	<b>Jätevariante 3</b>	<b>Schnittvariante 3</b>
<b>Schnittvariante 3</b>	Schnittvariante 1	<b>2,4-D Applikation</b>
Kontrolle	Schnittvariante 2	<b>(Kontrolle Samen)<sup>1</sup></b>

## 1. Wiederholung

ohne <sup>87</sup>	Kontrolle	Schnittvariante 1
Schnittvariante 2	Jätevariante 1	Kontrolle
monatliches Jäten	Jätevariante 2	Schnittvariante 3
2,4-D Applikation	Schnittvariante 3	Jätevariante 3
Jätevariante 2	monatlicher Schnitt	Jätevariante 1
Schnittvariante 2	Jätevariante 3	Schnittvariante 1

## 2. Wiederholung

Jätevariante 3	Schnittvariante 3	Schnittvariante 2
Schnittvariante 1	Jätevariante 3	Jätevariante 2
Jätevariante 2	Jätevariante 1	monatliches Jäten
Jätevariante 1	2,4-D Applikation	Kontrolle
monatlicher Schnitt	Schnittvariante 1	ohne
Schnittvariante 3	Schnittvariante 2	Kontrolle

## 3. Wiederholung

Variante 1 = Behandlung zu Beginn der Regenzeit

Variante 2 = Behandlung während des Maximums der Regenzeit

Variante 3 = Behandlung zu Beginn der Trockenzeit (**fettgedruckt** = Bestimmung des Bodensamenvorrats)

Abb. A7.4 Anordnung der Versuchspartzellen in der kultivierten Savanne im Hauptversuch, angelegt im Mai 1994 (Parzelle = 3 m<sup>2</sup>)

<sup>87</sup> In diesen Parzellen war der Einsatz von pyrotechnischen Maßnahmen (Feuer) geplant.

Tab. A2.1 Verteilung der monatlichen Niederschläge [mm] der Station Faru von 1993-96

Monat	1993	1994	1995	1996	Jahresmittel <sup>1</sup>
Januar	-	-	-	-	-
Februar	-	-	-	-	-
März	-	-	-	-	-
April	-	9,2	3,0	-	3,1
Mai	17,4	17,8	34,4	66,0	33,9
Juni	29,6	122,4	26,6	208,4	96,8
Juli	191,6	134,7	154,6	119,9	150,2
August	127,4	404,5	180,8	194,2	226,7
September	109,4	248,3	79,6	80,0	129,3
Oktober	19,2	36,0	-	-	13,8
November	-	-	-	-	-
Dezember	-	-	-	-	-
$\bar{x}_{TZ}$	4,6	7,9	4,7	8,3	6,4
$\bar{x}_{RZ}$	114,5	227,5	110,4	150,6	150,8
$\Sigma$ (Jahr)	494,6	972,9	479,0	668,5	653,8

<sup>1</sup> Mittelwert aus den Jahren 1993-96; TZ: Trockenzeit (Oktober bis Mai); RZ: Regenzeit (Juni bis September)

Tab. A2.2 Klimawerte für Faru (460 m üNN) und Umgebung im Mittel der Jahre 1961-90 (NEW *et al.* 2002, HOF pers. Mitteil. 2003)

Monat	MNS <sup>1</sup>	RT <sup>2</sup>	rLF <sup>3</sup>	SD <sup>4</sup>	T <sup>5</sup>	TA <sup>6</sup>	W <sup>7</sup>
Januar	-	0,1	19,4	65,4	21,9	16,0	3,5
Februar	-	0,1	16,1	70,6	24,8	16,7	3,4
März	1,1	0,1	20,2	64,7	28,8	16,2	3,4
April	8,9	1,4	34,0	62,1	31,7	14,8	3,3
Mai	41,2	4,3	48,9	65,3	31,8	13,0	3,6
Juni	89,9	8,3	59,7	65,7	29,7	11,3	3,6
Juli	175,8	12,7	70,3	58,9	27,2	9,4	3,3
August	221,8	14,9	75,6	54,8	26,4	9,1	2,8
September	113,9	9,5	71,6	65,2	27,4	11,0	2,4
Oktober	14,0	1,7	53,4	71,7	27,8	15,1	2,2
November	0,2	0,1	27,3	73,0	25,0	17,4	2,7
Dezember	-	-	23,9	69,4	22,6	16,5	3,3
$\bar{x}_{TZ}$	8,2	1,0	30,4	67,8	26,8	15,7	3,2
$\bar{x}_{RZ}$	145,9	11,4	69,3	61,2	27,7	10,2	3,0
$\Sigma$ (Jahr)	666,8	53,2					

<sup>1</sup> Monatsniederschläge [mm]; <sup>2</sup> Zahl der Regentage [d]; <sup>3</sup> relative Luftfeuchte [%]; <sup>4</sup> Sonnenscheindauer [% bezogen auf Tageslänge]; <sup>5</sup> Temperatur [°C]; <sup>6</sup> Temperaturamplitude [°C]; <sup>7</sup> Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m s<sup>-1</sup>]; TZ: Trockenzeit (Oktober bis Mai); RZ: Regenzeit (Juni bis September)



Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung (mit einem \* versehene Arten sind in Afrika eingeführte spp. LOCK 1988)

Art <sup>1</sup> , Hab. <sup>2</sup> , Vork. <sup>3</sup>	Bedeutung	Literatur
<i>Cassia abbreviata</i> Oliv. [enthält spp.], 3, östl. u. südl. Afrika	Medizin <sup>4</sup> , Ritual, Viehfutter, Rohstoff, Pestizid, Zierstrauch	ENGLER (1915) GITHENS (1949) CODD (1951) STEYAERT (1952) PALMER & PITMAN (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) HAERDI (1964) BRENAN (1967) VERDCOURT & TRUMP (1969) KOKWARO (1976) GORYAEV & EYDAKOVA (1977) KOENEN (1977) LAMPREY <i>et al.</i> (1980) WYK (1984) CORBEIL (1985) WEISS (1989) PARRY & MATAMBO (1992) CUNNINGHAM (1993) KAPOSHI <i>et al.</i> (1995) CONNELLY <i>et al.</i> (1996) MALAN <i>et al.</i> (1996) DEHMLOW <i>et al.</i> (1998) NEL <i>et al.</i> (1999) KAMBIZI & AFOLAYAN (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) COATES PALGRAVE (2002) LEGÈRE <i>et al.</i> (2004)
<i>C. angolensis</i> Hiern, 3, östl. u. südl. Afrika	Medizin, Holzwirtschaft	WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) KOKWARO (1976) GORDON-GRAY (1977) PAUWELS (2005b)
<i>C. arereh</i> Del., 2(-3), geograph. Sudan - östl. Afr.	Medizin, Weide- u. Holzwirtschaft, Rohstoff, Pestizid, Ziergehölz	AUBRÉVILLE (1950) MENSIER (1957) GRAINGE & AHMED (1988) PELTIER (1988) POLHILL & THULIN (1989) BURKILL (1995) ASEFA <i>et al.</i> (2003)
<i>C. aubrevillei</i> Pell., 3, lokales Vork. westl. Afr.	Medizin, Holzwirtschaft (gefährdete Art)	HUTCHINSON & DALZIEL (1958) JAHN <i>et al.</i> (1990) KILIAN <i>et al.</i> (1990) IUCN (2000)
<i>C. fikifiki</i> Aubrév. & Pell., 3, lokales Vork. westl. Afr.	Medizin (gefährdete Art)	JAHN <i>et al.</i> (1995) SCHULTZE <i>et al.</i> (1996) JAHN (1999) IUCN (2000)
<i>C. fistula</i> * Linn. (syn. <i>Cassia excelsa</i> Kunth., <i>Cathartocarpus fistula</i> Pers.), 3, Afrika  (syn. im Ausnahmefall, cf. ILDIS 2001)	Medizin, Rohstoff, Agroforstwirtschaft, Pestizid, Zierbaum	COLLADON (1816) SONTHEIMER (1842) HOLLAND (1911) ENGLER (1915) WARBURG (1923) SCHMIDT <i>et al.</i> (1942) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) PERNET (1957) OLIVER (1959a) NICKELL (1959) IRVINE (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) GORDON-GRAY (1977) CARLOWITZ (1986) GRAINGE & AHMED (1988) SHARAF <i>et al.</i> (1988a-b) POLHILL & THULIN (1989) ADEGBEHIN & IGBOANUGO (1990) ROSNER (1990, 1994) ALETOR & OMODARA (1994) BURKILL (1995) COLE (1996) REHM & ESPIG (1996) BADEJO (1998) FREEDMAN (1998) ABO <i>et al.</i> (1999, 2001) ELUJOBA <i>et al.</i> (1999) AKIREMI <i>et al.</i> (2000) GUPTA <i>et al.</i> (2000) CARR (2003) AKANMU <i>et al.</i> (2004)

<sup>1</sup> Botanik, Floren: Afrika OLIVER (1871) ENGLER (1915, 1925) BAKER (1930) THONNER (1962) LOCK (1988) GHAZANFAR (1989) Nordafrika FORSKÅL (1775) BOISSIER (1872) MAIRE (1933, 1987) MAIRE & MONOD (1950) ANDREWS (1952) CARVALHO & GILLET (1960) QUÉZEL & SANTA (1962) QUÉZEL (1965, 1971) WICKENS (1976) FRANKENBERG & KLAUS (1980) Westafrika HUTCHINSON (1921) DINKLAGE (1937) TROCHAIN (1940) PELLEGRIN (1947) AUBRÉVILLE (1950, 1959) SCHNELL (1950, 1952) MONOD (1952) KEAY (1956) HUTCHINSON & DALZIEL (1958) CLAYTON (1963) HOOKER & BENTHAM (1966) WEBB (1966) BERHAUT (1967, 1975) AKÉ ASSI (1982) BRUNEL *et al.* (1984) STEENTOF-NIELSEN (1988) BIELFELDT (1993b-c) BURKILL (1995) ELSHOLZ (1996a) DUARTE *et al.* (1999) VIDIGAL (2002) EMMS & BARNETT (2006) Zentralafrika HENRIQUES (1892) LÓPEZ (1946) STEYAERT (1950-52) AUBRÉVILLE (1968) AUBRÉVILLE & LEROY (1970) TROUPIN (1978, 1982) AEDO *et al.* (1999) Ostafrika CHIOVENDA (1929, 1932) GLOVER (1947) POLE EVANS (1948) BRENAN (1958/59, 1960, 1967, 1969) THULIN (1983, 1994) VERDCOURT (1988) POLHILL & THULIN (1989) Südafrika MEYER (1835) MENDONÇA & TORRE (1955, 1956) WHITE (1962) DYER (1975) GORDON-GRAY & SCHORN (1975) MERXMÜLLER (1967) COMPTON (1976) GORDON-GRAY (1977) RETIEF & HERMAN (1997) LEISTNER (2000, 2005) GLEN (2003a-c) BRAUN *et al.* (2004) SILVA *et al.* (2004) MAPAURA *et al.* (2005) PHIRI (2005) SETSHOGO (2005) Madagaskar u. Inseln BAKER (1877) MINELLE (1959) ROBERTSON (1989) POLHILL (1990) PUY (2002)

<sup>2</sup> Habitus, Wuchsform: 1 Kraut, 2 Strauch, 3 Baum, a einjährig, p mehrjährig; <sup>3</sup> Vorkommen in Afrika (cf. ILDIS 2001); <sup>4</sup> umfasst Human- und Veterinärmedizin (Differenzierung anhand Literatur)

Fortsetzg. Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung

Art <sup>1</sup> , Hab. <sup>2</sup> , Vork. <sup>3</sup>	Bedeutung	Literatur
<i>Cassia mannii</i> Oliv., 3, westl. u. Zentralafrika	Medizin, Rohstoff, Holzwirtschaft, Kultur (Musik), Zierbaum	EGGELING (1951) STEYAERT (1952) BRENNAN (1967) BURKILL (1995) ARUMADRI (2001) PAUWELS (2005b)
<i>C. sieberiana</i> DC. ( <i>Cassia kotschyana</i> Oliv.), 2-3, westl. u. Zentralafrika	Humanernährung, Medizin <sup>4</sup> , Ritual, Rohstoff, Vieh- futter, Holzwirt- schaft, Pestizid, Zierbaum, Wirts- pflanze <sup>5</sup>	HOLLAND (1911) ENGLER (1915) LELY (1925) AINSLIE (1937) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) KERHARO & BOUQUET (1950) STEYAERT (1952) MALZY (1954) OLIVER (1959b) IRVINE (1961) WATT & BREYER- BRANDWIJK (1962) KERHARO & ADAM (1964, 1974) ADAM <i>et al.</i> (1972) DEPIERRE <i>et al.</i> (1975) KOKWARO (1976) ADJANOHOON & AKÉ ASSI (1979) DELAVEAU <i>et al.</i> (1979) WATERMAN & FAULKNER (1979) ADJA- NOHOON <i>et al.</i> (1980, 1981a-b, 1986, 1989) SAWYERR (1983) BRAND (1985) FERNANDEZ (1985) BALOGUN & FETUGA (1986) CARLOWITZ (1986) MIRALLES & GAYDOU (1986) AKÉ ASSI (1988) GRAINGE & AHMED (1988) WEISS (1989) HODOUTO (1990) MAYDELL (1990) BEBAWI & NEUGEBOHRN (1991) SIGIYAMA & KOMAN (1992) PATERSON & CLINCH (1993) BURKILL (1995) COLE (1996) DAF (1996) DINIZ <i>et al.</i> (1996) SEMBÈNE & DELOBEL (1996, 1998) MAKAR <i>et al.</i> (1997) SILVA <i>et al.</i> (1997a-b) FREEDMAN (1998) NEUWINGER (1998) MAIGA (2001) ODAMTTE <i>et al.</i> (2001) AKOMOLAFE <i>et al.</i> (2003) BANCE (2003)
<i>C. sturtii</i> * R.Br., 2, nördl., südl. Afrika	Viehfutter, Weide- verbesserung <sup>7</sup>	NAS (1979) RIVEROS (1985) CARLOWITZ (1986) LEGEL (1990a-b) BENJAMIN <i>et al.</i> (1995) MABBERLEY (1998) NIEKERK <i>et al.</i> (2004a-c) WILCOCK <i>et al.</i> (2004)
<i>Chamaecrista</i> <i>absus</i> (L.) Irwin & Barneby ( <i>Cassia</i> <i>thoningii</i> DC) [enthält var.], 1a, Afrika südl. der Sahara	Medizin, Ritual, Rohstoff, Vieh- futter <sup>6</sup> , Boden- fruchtbarkeit, Pestizid, ± Unkraut	COLLADON (1816) HOLLAND (1911) WARBURG (1923) AINSLIE (1937) STANER & BOUTIQUE (1937) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) KERHARO & BOUQUET (1950) STEYAERT (1952) BOTTON (1957) NICKELL (1959) OLIVER (1959a) IRVINE (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) GOOD (1964) UPHOF (1968) DEBELMAS <i>et al.</i> (1974) KERHARO & ADAM (1974) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) GORDON-GRAY (1977) KOENEN (1977) PALAYER (1977) HOLM <i>et al.</i> (1979) MIRALLES & PARES (1980) NWUDE & IBRAHIM (1980) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1981a) DAELE- MAN & PAUWELS (1983) CCHABRA <i>et al.</i> (1987) GRAINGE & AHMED (1988) STEENTOF-NIELSEN (1988) GHAZANFAR (1989) POLHILL & THULIN (1989) WEISS (1989) PEGRAM <i>et al.</i> (1993) THULIN (1994) BURKILL (1995) COLE (1996) DAF (1996) KADIRI <i>et al.</i> (1996) ARNOLD <i>et al.</i> (2002)
<i>Ch. kirkii</i> (Oliv.) Standley [var.], 1a(p), Afrika südl. der Sahara	Medizin, Boden- fruchtbarkeit, ± Unkraut	ENGLER (1915) STEYAERT (1952) IRVINE (1961) KOKWARO (1976) STEENTOF-NIELSEN (1988) TERASHIMA <i>et al.</i> (1991) BAERTS & LEH- MANN (1989, 1993) BURKILL (1995) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) LEGÈRE <i>et al.</i> (2004)
<i>Ch. mimosoides</i> (L.) Greene, 1(-2)a(p), Afrika südl. der Sahara	Medizin, Ritual, Viehfutter, Boden- schutz, Unkraut, Wirtspflanze	HOLLAND (1911) ENGLER (1915) WARBURG (1923) STANER & BOUTIQUE (1937) SCHMIDT <i>et al.</i> (1942) GITHENS (1949) MALZY (1954) IRVINE (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) GOOD (1964) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) KOENEN (1977) IVENS <i>et al.</i> (1978) HOLM <i>et al.</i> (1979) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1980, 1986, 1989) IBPGR (1984) HAMMOND & JACKAI (1987) STEENTOF-NIELSEN (1988) BAERTS & LEHMANN (1989, 1993) WEISS (1989) POLHILL (1990) MOUGHALU & ISICHEI (1991) PATERSON & CLINCH (1993) BURKILL (1995) KALLAH <i>et al.</i> (2000) ARNOLD <i>et al.</i> (2002)

<sup>1-4</sup> cf. Tabellenanfang <sup>5</sup> phytopathogene Organismen (cf. LENNÉ 1990); <sup>6</sup> Ostafrika; <sup>7</sup> trockenresistent

Fortsetzg. Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung

Art <sup>1</sup> , Hab. <sup>2</sup> , Vork. <sup>3</sup>	Bedeutung	Literatur
<i>Chamaecrista nigricans</i> (Vahl) Greene, 1a, geogr. Sudan - östl. Afr.	Humanernährung, Medizin, Viehfutter, Pestizid	GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) IRVINE (1961) ADAM <i>et al.</i> (1972) KERHARO & ADAM (1974) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1980, 1981a, 1993) LAMBERT <i>et al.</i> (1985) ROSNER (1990) BEBAWI & NEUGEBOHRN (1991) AKÉ ASSI (1992) BURKILL (1995) DINIZ <i>et al.</i> (1996) LAKPINI <i>et al.</i> (1997) NACOLMA-OUEDRAOGO <i>et al.</i> (1997/98) AKAH <i>et al.</i> (1998) BELMAIN <i>et al.</i> (2001) YAMOLEKA (2001)
<i>Ch. rotundifolia</i> * (Pers.) Greene ( <i>Cassia bifoliolata</i> Coll.) [var.], 1a, westl. u. südl. Afr.	Medizin <sup>4</sup> , Viehfutter, (angebaute Kulturpflanze), Bodenfruchtbarkeit, ± Unkraut	ADJANOHOON <i>et al.</i> (1989) GHAZANFAR (1989) TARAWALI (1991, 1994) KACHELRIESS <i>et al.</i> (1992) PETERS (1992) KACHELRIESS (1993a-b) MUIR (1993) PATERSON & CLINCH (1993) PETERS <i>et al.</i> (1994) THOMAS & SUMBERG (1995) AGBEMELO-TSOMAFO & AGBOSSAMEY (1996) MUPANGWA (1996) TARAWALI & PETERS (1996) LAKPINI <i>et al.</i> (1997) MUPANGWA <i>et al.</i> (1997, 2000a-c, 2003) AGYEMANG <i>et al.</i> (1998) TIAN <i>et al.</i> (1998, 2000) MUHR <i>et al.</i> (2001) <i>cf.</i> BURKILL (1995)
<i>Senna alata</i> * (L.) Roxb. ( <i>Cassia bracteata</i> Linn.f.), 2, westl., Zentral- u. östl. Afrika	Trinkwasseraufbereitung, Medizin, Ritual, Fischfang, Bienenweide, Rohstoff, Intoxikation (Nutztvieh), Pestizid, ± Unkraut	HOLLAND (1911) ENGLER (1915) GOOSSENS (1924) AINSLIE (1937) WILDEMAN <i>et al.</i> (1935) STANER & BOUTIQUE (1937) OBERDOERFFER (1938) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) KERHARO & BOUQUET (1950) STEYAERT (1952) WALKER (1953) MALZY (1954) BOTTON (1957) PERNET (1957) PERNET & MEYER (1957) OLIVER (1959a) IRVINE (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) BRENNAN (1967) UPHOF (1968) KERHARO & ADAM (1974) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) ADJANOHOON & AKÉ ASSI (1979) HOLM <i>et al.</i> (1979) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1980, 1981a-b, 1982, 1984, 1986, 1988, 1989, 1993) DAELEMAN & PAUWELS (1983) SAWYERR (1983) BOITEAU (1986) CCHABRA <i>et al.</i> (1987) GRAINGE & AHMED (1988) MANDANGO & BANDOLE (1988) MAPI (1988) SUSSMAN (1988) ROBERTSON (1989) HODOUTO (1990) POLHILL (1990) OGUNTI <i>et al.</i> (1991) CUNNINGHAM (1993) CHRISTOPHER & MATHAVAN (1993) AKENDENGUE & LOUIS (1994) ALETOR & OMODARA (1994) NWALOZIE <i>et al.</i> (1994) BURKILL (1995) MRST (1995/96) ABBIW (1996) DAF (1996) SODIPO <i>et al.</i> (1998) YAGI <i>et al.</i> (1998) ADEDAYO <i>et al.</i> (1999) TABA & LUWENGA (1999) NKONGMENECK <i>et al.</i> (2000) ODAMITTEN <i>et al.</i> (2001) OKAFOR <i>et al.</i> (2001) PUY (2002) LEGÈRE <i>et al.</i> (2004) AGNANIET <i>et al.</i> (2005) AKANMU <i>et al.</i> (2005) <i>cf.</i> FUZELLIER <i>et al.</i> (1982)
<i>S. alexandrina</i> Mill. ( <i>Cassia acutifolia</i> Del., <i>C. angustifolia</i> Vahl, <i>C. lanceolata</i> Coll., <i>C. senna</i> Linn.), 2, nördl., westl. u. östl. Afrika	Medizin (angebaute Kulturpflanze <sup>7</sup> ), Intoxikation (Nutztvieh), Pestizid, ± Unkraut	COLLADON (1816) SONTHEIMER (1842) OLIVER (1871) HOLLAND (1911) WARBURG (1923) MAIRE (1933, 1987) SCHMIDT <i>et al.</i> (1942) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) OLIVER (1959b) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) BAR-SELA <i>et al.</i> (1964) BRENNAN (1967) UPHOF (1968) KOKWARO (1976) AYOUB (1977, 1994) HOLM <i>et al.</i> (1979) EL-SAYED <i>et al.</i> (1983) MESBAH <i>et al.</i> (1985) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1986) IWU (1986) BRAUN & FROHNE (1987) POLHILL & THULIN (1989) WEISS (1989) ZAIED <i>et al.</i> (1989) ROSNER (1990) BEBAWI & NEUGEBOHRN (1991) OMER <i>et al.</i> (1992) FRANZ (1993) FUCHS (1993) KABELITZ & REIF (1994) BURKILL (1995) COLE (1996) REHM & ESPIG (1996) SCHULTZE <i>et al.</i> (1996) SOFOWORA (1996) MABBERLEY (1998) MASCOLO <i>et al.</i> (1998) ELUJOBA <i>et al.</i> (1999) AKOMOLAFE <i>et al.</i> (2004) <i>cf.</i> GRIEVE (1971)
<i>S. bicapsularis</i> <sup>8</sup> (L.) Roxb. ( <i>Cassia emarginata</i> Linn.), 2, Afr. südl. Sahara	Humanernährung, Medizin, Kraalzaun, Hecken, Ziergehölz (z.T. in Südafrika invasiv)	STEAERT (1952) IRVINE (1961) WHITE (1962) BRENNAN (1967) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) GORDON-GRAY (1977) POLHILL & THULIN (1989) THULIN (1994) BURKILL (1995) MASINDE (1996) TEKETAY (1996) BROMILOW (2001) HENDERSON (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) RUFFO <i>et al.</i> (2002)

<sup>1-4</sup> *cf.* Tabellenanfang; <sup>7</sup> trockenresistent; <sup>8</sup> *S. bicapsularis* [enthält var.] stammt aus dem tropischen Amerika (ILDIS 2001)

Fortsetzg. Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung

Art <sup>1</sup> , Hab. <sup>2</sup> , Vork. <sup>3</sup>	Bedeutung	Literatur
<i>Senna didymobotrya</i> (Fres.) Irwin & Barneby, 2, Zentral-, östl. u. südl. Afrika	Medizin, Ritual, Fischfang, Pestizid, Nutz- u. Ziergehölz (z.T. in Südafrika invasiv)	GITHENS (1949) STEYAERT (1952) DALE & GREENWAY (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) VERDCOURT & TRUMP (1969) KOKWARO (1976, 1988) GORDON-GRAY (1977) CARLOWITZ (1986) GRAINGE & AHMED (1988) BOTTA <i>et al.</i> (1989, 1996) LÖTSCHERT & BEESE (1989) BAERTS & LEHMANN (1989, 1991, 1993) DESOUTER (1991) ADJANOHOOUN <i>et al.</i> (1993) BOTTA & DELLE MONACHE (1993) RWANGABO (1993) DEWEES (1995) ALEMAYEHU <i>et al.</i> (1996) MASINDE (1996) REHM & ESPIG (1996) TEKETAY <i>et al.</i> (1996) MABBERLEY (1998) VITALI <i>et al.</i> (1998) OJEWOLE <i>et al.</i> (2000) BROMILOW (2001) HENDERSON (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) WESSA (2002)
<i>S. hirsuta</i> * (L.) I. & B. ( <i>Cassia tomentosa</i> Arn.) [var.], 1p, Afrika südl. der Sahara	Medizin <sup>4</sup> , Pestizid, Rohstoff, Boden- fruchtbarkeit, Unkraut	STEYAERT (1952) BOTTON (1957) GORDON-GRAY (1977) MIRALLES & PARES (1980) ADJANOHOOUN <i>et al.</i> (1986) GRAINGE & AHMED (1988) MAPI (1988) RANDELL (1988) AKENDENGUE & LOUIS (1994) BURKILL (1995) HEGNAUER (1996) HENDERSON (2001) KAYUKI & WORTMANN (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002)
<i>S. italica</i> Mill. ( <i>Cassia aschrek</i> Forsk., <i>C. obovata</i> Coll., <i>C. obtusa</i> Roxb.) [ssp.], 1p, Afrika	Medizin, Vieh- futter <sup>6,7</sup> , z.T. Intoxikation (Nutzvieh)	COLLADON (1816) OLIVER (1871) HOLLAND (1911) ENGLER (1915) WARBURG (1923) MAIRE (1933, 1987) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) KERHARO & BOUQUET (1950) MALZY (1954) UPHOF (1968) ADAM <i>et al.</i> (1972) KERHARO & ADAM (1974) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) WICKENS (1976) GORDON-GRAY (1977) KOENEN (1977) ADJANOHOOUN <i>et al.</i> (1980, 1981a) FERNANDEZ (1981, 1985) BECKER (1984) RODIN (1985) NIANG (1987) HUSSAIN & KARATELA (1989) POLHILL & THULIN (1989) HODOUTO (1990) BEBAWI & NEUGEBOHRN (1991) EL SAYED <i>et al.</i> (1992) THULIN (1994) BURKILL (1995) BAKHIET & ADAM (1996) COLE (1996) MABBERLEY (1998) NEUWINGER (1998) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) BANCE (2003)
<i>S. occidentalis</i> * (L.) Link ( <i>Cassia caroliniana</i> Walter, <i>C. falcata</i> Linn., <i>C. foetida</i> Pers., <i>Ditre-mexa occidentalis</i> (L.) Britton & Wilson) 1(-2)a(p), Afrika	Humanernährung, Trinkwasserauf- bereitung, Medizin, Ritual, Pestizid, Boden- fruchtbarkeit, Intoxikation (Nutzvieh), Unkraut, Wirts- pflanze <sup>5</sup>	HOLLAND (1911) ENGLER (1915) WARBURG (1923) GOOSSENS (1924) AINSLIE (1937) STANER & BOUTIQUE (1937) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) KERHARO & BOUQUET (1950) IRVINE (1952, 1961) STEYAERT (1952) WALKER (1953) DEVILLERS & SCHNELL (1953) MALZY (1954) BOTTON (1957) PERNET (1957) PERNET & MEYER (1957) OLIVER (1959b) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) ENGLER (1964) KERHARO & ADAM (1964) BUSSON (1965) UPHOF (1968) CORDEMOY (1972) HASSAN <i>et al.</i> (1974) KERHARO & ADAM (1974) BERHAUT (1975) KOKWARO (1976) WICKENS (1976) GORDON-GRAY (1977) KOENEN (1977) PALAYER (1977) IVENS <i>et al.</i> (1978) ADJANOHOOUN & AKÉ ASSI (1979) HOLM <i>et al.</i> (1979, 1997) YASSIN (1979) ADJANOHOOUN <i>et al.</i> (1980, 1981a-b, 1982, 1983, 1986, 1988, 1989, 1993) NWUDE & IBRAHIM (1980) SULIMAN <i>et al.</i> (1982) AKÉ ASSI (1983) SAWYERR (1983) BECKER (1984) HIDEUX (1984) IBRAHIM <i>et al.</i> (1984) JANSEN & MENDES (1984) BRAND (1985) FERNANDEZ (1985) BOITEAU (1986) GILL & AKINWUNMI (1986) CCHABRA <i>et al.</i> (1987) HAMMOND & JACKAI (1987) GRAINGE & AHMED (1988) LADIPO (1988) MAPI (1988) STEENTOF-NIELSEN (1988) SUSSMAN (1988) BAERTS & LEHMANN (1989, 1991, 1993) GHAZANFAR (1989) HUSSAIN & KARATELA (1989) POLHILL & THULIN (1989) ROBERTSON (1989) WEISS (1989) HODOUTO (1990) POLHILL (1990) DESOUTER (1991) SAMUELSSON <i>et al.</i> (1991) LIENARD <i>et al.</i> (1992, 1993) MAGAJI & YAKUBU (1992) PETERS <i>et al.</i> (1992) AWODOLA <i>et al.</i> (1992/93) BESSIN <i>et al.</i> (1993) HUMPHRY <i>et al.</i> (1993) BÂ (1994) COLY (1994) SECK (1994) WALKEY <i>et al.</i> (1994) BURKILL (1995) SPENCE & WALKEY (1995) DAF (1996) MRST (1995/96) KADIRI <i>et al.</i> (1996) SOFOWORA (1996) NACOUUMA-OUEDRAOGO <i>et al.</i> (1997/98) BECKER <i>et al.</i> (1998) ETÈKA <i>et al.</i> (1998)

<sup>1-4</sup> cf. Tabellenanfang; <sup>5</sup> phytopathogene Organismen (cf. LENNÉ 1990); <sup>6</sup> Ostafrika; <sup>7</sup> trockenresistent

Fortsetzg. Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung

Art <sup>1</sup> , Hab. <sup>2</sup> , Vork. <sup>3</sup>	Bedeutung	Literatur
<i>Senna occidentalis</i> , fortges.	s.o.	NEUWINGER (1998) EL-TAHIR <i>et al.</i> (1999) PÅLSSON & JAENSON (1999) TABA & LUWENGA (1999) TONA <i>et al.</i> (1999) MUYIBI <i>et al.</i> (2000) NKONGMENECK <i>et al.</i> (2000) SMITH <i>et al.</i> (2000) HENDERSON (2001) ODAMTTEN <i>et al.</i> (2001) SY <i>et al.</i> (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) PUY (2002) RUFFO <i>et al.</i> (2002) BANCE (2003)
<i>S. petersiana</i> (Bolle) Lock, 2(-3), östl., Zentral- u. südl. Afrika	Humanernährung, Medizin, Nutzgehölz	ENGLER (1915) STANER & BOUTIQUE (1937) STEYAERT (1952) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) HAERDI (1964) KOKWARO (1976) GORDON-GRAY (1977) FOX & NORWOOD YOUNG (1983) JANSEN & MENDES (1990) PETERS <i>et al.</i> (1992) DEWEES (1995) POLHILL & THULIN (1989) CONNELLY <i>et al.</i> (1996) COETZEE <i>et al.</i> (1999, 2000) GADAGA <i>et al.</i> (1999) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) COATES PALGRAVE (2002) cf. HEGNAUER (1996)
<i>S. podocarpa</i> (Guill. & Perr.) Lock, 2(-3), westl. Afrika	Medizin <sup>4</sup> , Ritual, Kultur (Musik, Spielsteine)	ENGLER (1915) PARIS & CHARTIER (1948) GITHENS (1949) AUBRÉVILLE (1950) IRVINE (1961) DUQUÉNOIS & ANTON (1968) zit. in HEGNAUER (1996) BERHAUT (1975) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1981b, 1989) BRAND (1985) ELUJOBA & IWEIBO (1988) ELUJOBA <i>et al.</i> (1994, 1999) BURKILL (1995) DAF (1996) DINIZ <i>et al.</i> (1996) ABO <i>et al.</i> (1999) AKIREMI <i>et al.</i> (2000) MAIGA (2001) ODAMTTEN <i>et al.</i> (2001) ABO & ADEYEMI (2002) AKOMOLAFE <i>et al.</i> (2004) AKANMU <i>et al.</i> (2005)
<i>S. septemtrionalis</i> * (Viv.) I. & B. ( <i>Cassia laevigata</i> Willd.), 2-3, Afrika südl. der Sahara	Humanernährung, Medizin, Viehfutter, Erosionsschutz, Zierbaum	AUBRÉVILLE (1950) STEYAERT (1952) PERNET (1957) IRVINE (1961) BRENAN (1967) GORDON-GRAY (1977) GÖHL (1981) LEGEL (1984) BOITEAU (1986) BAERTS & LEHMANN (1989, 1993) DESOUTER (1991) RWANGABO (1993) BURKILL (1995) TEKETAY <i>et al.</i> (1996) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) PUY (2002) PAUWELS (2005b)
<i>S. siamea</i> <sup>8</sup> (Lam.) Irwin & Barneby ( <i>Cassia gigantea</i> DC), 3, Afrika südl. der Sahara	Medizin, Viehfutter, Agroforst- <sup>9</sup> u. Holzwirtschaft, Bodenschutz, biol. Insektenkontrolle, Zierbaum, Kultur	WARBURG (1923) MALZY (1954) BOTTON (1957) HUTCHINSON & DALZIEL (1958) IRVINE (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) BYCROFT <i>et al.</i> (1970) BERHAUT (1975) DEPIERRE <i>et al.</i> (1975) GORDON-GRAY (1977) WAGNER <i>et al.</i> (1978) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1981b, 1986, 1989) SAWYERR (1983) THULIN (1983) FERNANDEZ (1985) CARLOWITZ (1986) CCHABRA <i>et al.</i> (1987) BAERTS & LEHMANN (1989, 1993) GHAZANFAR (1989) JAMA <i>et al.</i> (1989) WEISS (1989) HODOUTO (1990) MAYDELL (1990) POLHILL (1990) FUNGAMEZA (1991) RAO <i>et al.</i> (1993) PATERSON & CLINCH (1993) ABEBE (1994) BURKILL (1995) DEWEES (1995) KIEPE (1995) SCHROTH <i>et al.</i> (1995) JAMA & NAIR (1996) JONSSON <i>et al.</i> (1996) REHM & ESPIG (1996) AREGHEORE <i>et al.</i> (1997) KAMARA (1998) LEHMANN <i>et al.</i> (1998) MUGASHA <i>et al.</i> (1998) WICK <i>et al.</i> (1998) ADEJUYIGBE <i>et al.</i> (1999) KORMAWA <i>et al.</i> (1999) AREGHEORE (2000) GIRMA <i>et al.</i> (2000) KHRISTOVA (2000) OKOGUN <i>et al.</i> (2000) OLIVER <i>et al.</i> (2000) DIELS <i>et al.</i> (2001) FONDOUN (2001) LATT <i>et al.</i> (2001) SALAKO <i>et al.</i> (2001) SIGAUD & MATIG (2001) VANLAUWE <i>et al.</i> (2001a-b) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) AYUK <i>et al.</i> (2002)
<i>S. singueana</i> (Del.) Lock ( <i>Cassia goratensis</i> Fresen., <i>C. sabak</i> Del.), 2-3, Afrika südl. der Sahara	Humanernährung, Medizin, Ritual, Rohstoff, Holzwirtschaft, Pestizid	WARBURG (1923) STANER & BOUTIQUE (1937) AUBRÉVILLE (1950) MALZY (1954) IRVINE (1961) WATT & BREYER-BRANDWIJK (1962) HAERDI (1964) QUIMBY & PERSINOS (1964) UPHOF (1968) VERDCOURT & TRUMP (1969) KOKWARO (1976) GORDON-GRAY (1977) PALAYER (1977) ADJANOHOON <i>et al.</i> (1980, 1982) KUNKEL (1984) CCHABRA <i>et al.</i> (1987) POLHILL & THULIN (1989) MUTASA <i>et al.</i> (1990) PETERS <i>et al.</i> (1992) BURKILL (1995) CHIMBE & GALLEY (1996) NEUWINGER (1998) KUDI <i>et al.</i> (1999) WEZEL & HAHN-HADJALI (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) COATES PALGRAVE (2002) RUFFO <i>et al.</i> (2002)

<sup>1-4</sup> cf. Tabellenanfang; <sup>8</sup> nach LOCK (1988: 340) wird *Senna siamea* nicht als in Afrika eingeführte Art gekennzeichnet, lt. ILDIS (2001) stammt *S. siamea* aus Südostasien; <sup>9</sup> u.a. Forschung des IITA (Int-Inst-Trop-Agric.) in Ibadan, Nigeria besonders erwähnenswert

Fortsetzg. Tab. A3 Wichtige Vertreter der *Cassiinae* in Afrika und ihre Bedeutung

Art <sup>1</sup> , Hab. <sup>2</sup> , Vork. <sup>3</sup>	Bedeutung	Literatur
<i>Senna sophera</i> * (L.) Roxb. ( <i>Cassia torosa</i> Cav.), 1(-2)p, Afrika südl. der Sahara	Humanernährung, Medizin, Pestizid, Mulch, Unkraut	HOLLAND (1911) AUBRÉVILLE (1950) IRVINE (1961) UPHOF (1968) KASASIAN (1971) GORDON-GRAY (1977) GRAINGE & AHMED (1988) DESOUTER (1991) ABEGAZ <i>et al.</i> (1994) BURKILL (1995) MAHMOUD & KHALID (1997) ALEMAYEHU <i>et al.</i> (1998) FREEDMAN (1998) BELMAIN <i>et al.</i> (2001) ARNOLD <i>et al.</i> (2002) <i>cf.</i> HEGNAUER (1996)
<i>S. spectabilis</i> * (DC) Irwin & Barneby [var.], 3, Afrika südl. der Sahara	Medizin <sup>4</sup> , Forst- u. Agroforstwirtschaft <sup>9</sup> , Pestizid, biol. Insektenkontrolle, Zierbaum	STEYAERT (1952) IRVINE (1961) GORDON-GRAY (1977) BERHAUT (1975) DAELEMAN & PAUWELS (1983) CARLOWITZ (1986) EGLI & KALINGANIRE (1988) GRAINGE & AHMED (1988) BAERTS & LEHMANN (1989, 1993) ASAKAWA (1994) BAXTER (1995) BURKILL (1995) PHOMBEYA <i>et al.</i> (1996) MCINTYRE <i>et al.</i> (1997) GACHENGO <i>et al.</i> (1998) LARBI <i>et al.</i> (1998) ONG <i>et al.</i> (1998) ABO <i>et al.</i> (1999, 2000) MBENDE <i>et al.</i> (1999) MOSANGO (1999) GIRMA <i>et al.</i> (2000) HAUSER <i>et al.</i> (2000a-b) LIVESLEY <i>et al.</i> (2000) ICRAF (2002)
<i>S. surattensis</i> * (Burm.f.), I & B. ( <i>Cassia glauca</i> Lam.), 2(-3)westl., Zentral- u. südl. Afrika	Humanernährung, Rohstoff, Ziergehölz	IRVINE (1961) BRENAN (1967) BERHAUT (1975) GORDON-GRAY (1977) POLHILL (1990) BURKILL (1995) PAUWELS (2005a) <i>cf.</i> STEYAERT (1952) und KUNKEL (1984)

<sup>1-4</sup> *cf.* Tabellenanfang; <sup>9</sup> u.a. Forschung des IITA (Int-Inst-Trop-Agric.) in Ibadan, Nigeria

*Senna obtusifolia*\* (L.) Irwin & Barneby wird in Tab. A3 nicht berücksichtigt, da diese Art ausführlich in der vorliegenden Arbeit beschrieben und erläutert wurde.

Hinweis: Eine zusammenfassende Publikation im Rahmen der „Flora Zambesiaca“ vol. 3, pt. 2 *Cassiinae* im südlichen Afrika für die Länder Moçambique, Malawi, Sambia, Simbabwe und Botswana – ähnlich der „Flora of West tropical Africa“ (HUTCHINSON & DALZIEL 1958) – steht aus (*cf.* BRENAN 1970).

Ergänzend zu den in Tab. A3 aufgelisteten *Cassiinae* sind für Afrika noch folgende Arten zu nennen (\* in Afrika eingeführt, LOCK 1988, LOVETT & FRIIS 1996, ILDIS 2001):

- *Cassia afrofistula* Brenan (Medizin BRENAN 1958/59, 1969, KOKWARO 1976), *C. barclayana* Sweet [var.], *C. burtii* Baker f. (Medizin HAERDI 1964, KOKWARO 1976), *C. grandis*\* Linn., *C. javanica*\* Linn. [ssp/var.]<sup>88</sup>, *C. psilocarpa* Welw., *C. roxburghii*\* DC., *C. thyrsoidea* Brenan,
- *Chamaecrista africana* (Steys.) Lock, *C. biensis* (Steys.) Lock (Medizin, Ritual ARNOLD *et al.* 2002), *C. capensis* (Thunb.) Meyer [var.], *C. comosa* Meyer [var.], *C. dimidiata* (Roxb.) Lock, *C. duboisii* (Steys.) Lock, *C. exilis* (Vatke) Lock, *C. falcinella* (Oliver) Lock [var.] (Medizin KOKWARO 1976, ARNOLD *et al.* 2002), *C. fallacina* (Chiov.) Lock (Medizin KOKWARO 1976), *C. fenarolii* (Mend. & Torre) Lock, *C. ghesquiereana* (Brenan) Lock,

- C. gracilior* (Ghesq.) Lock, *C. grantii* (Oliv.) Standley, *C. hildebrandtii* (Vatke) Lock, *C. huillensis* (Mend. & Torre) Lock, *C. jaegeri* (Keay) Lock (Medizin cf. HEGNAUER 1996), *C. kalulensis* (Steys.) Lock, *C. katangensis* (Ghesq.) Lock [var.], *C. meelii* (Steys.) Lock, *C. newtonii* (Mend. & Torre) Lock (Unkraut HOLM *et al.* 1979), *C. paralias* (Brenan) Lock, *C. parva* (Steys.) Lock, *C. plumosa* Meyer [var.] (Ritual ARNOLD *et al.* 2002), *C. polytricha* (Brenan) Lock [var.], *C. puccioniana* (Chiov.) Lock (Futterstrauch LOCK 1985 zit. in ILDIS 2001), *C. robynsiana* (Ghesq.) Lock, *C. schmitzii* (Steys.) Lock, *C. stricta* Meyer, *C. telfairiana* (Hook.f) Lock, *C. usambarensis* (Taub.) Standley, *C. wittei* (Ghesq.) Lock, *C. zambesica* (Oliv.) Lock,
- *Senna auriculata*\* (L.) Roxb., *S. baccarinii* (Chiov.) Lock, *S. bacillaris*\* (L.f.) Irwin & Barneby, *S. corymbosa*\* (Lam.) Irwin & Barneby, *S. ellisiae* (Brenan) Lock, *S. gossweileri* (Baker f.) Lock, *S. holosericea* (Fresen) Greuter (Medizin ENGLER 1915, GITHENS 1949, UPHOF 1968), *S. hookeriana* Batka, *S. humifusa* (Brenan) Lock, *S. longiracemosa* (Vatke) Lock (Medizin, Zahnhygiene BECKER 1984, SAMUELSSON *et al.* 1991, ALEMAYEHU *et al.* 1993), *S. multiglandulosa*\* (Jacq.) Irwin & Barneby (Medizin ABEGAZ *et al.* 1994, ALEMAYEHU & ABEGAZ 1996), *S. multijuga*\* (Rich.) Irwin & Barneby [ssp.], *S. pendula*\* (Willd.) Irwin & Barneby [var.], *S. polyphylla*\* (Jacq.) Irwin & Barneby [var.], *S. ruspolii* (Chiov.), Lock, *S. socotrana* (Serr.-Val.) Lock, *S. splendida*\* (Vogel) Irwin & Barneby [var.], *S. truncata* (Brenan) Lock (Humanernährung, Medizin, Futterstrauch THULIN 1983, BERCHEM 1994), *S. tuhovalyana* (Aké Assi) Lock.

Für Madagaskar sind folgende endemische *Cassiinae* zu nennen (PUY 2002):

- ***Chamaecrista***: *C. ankaratrensis* (Viguier) Puy, *C. arenicola* (Viguier) Puy, *C. breviflora* (Lam.) Greene, *C. dumanziana* (Brenan) Puy, *C. lateriticola* (Viguier) Puy, *C. pratensis* (Viguier) Puy, *C. reducta* (Brenan) Puy,
- ***Senna***: *S. ankaranensis* Puy & Rabev., *S. anthoxantha* (Capuron) Puy & Rabev., *S. bosseri* Puy & Rabev., *S. lactea* (Vatke) Puy, *S. leandrii* (Ghesq.) Puy, *S. meridionalis* (Viguier) Puy, *S. perrieri* (Viguier) Puy, *S. viguierella* (Ghesq.) Puy.

---

<sup>88</sup> enthält Varianten bzw. Unterarten

Tab. A5.1 Wuchshöhe von *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit von der Wuchsform in der geschützten und kultivierten Savanne für Oktober 1993 im Median-Test (n = 13)

WÖT	KE	KV	HS	Median		Signifikanz
GS	-	2	2	70,0	> Median	n.s.
	-	4	5		< Median	
KS	4	2	-	95,0	> Median	n.s.
	5	2	-		< Median	

Tab. A5.2 Wuchshöhe von *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit von der Wuchsform im Mittel der Weideökotypen für Oktober 1993 im F-Test der Varianzanalyse (n = 13)

Effekt	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Wuchsform	824,132	2	412,066	1,548	n.s.
Fehler	9582,175	36	266,172		
gesamt	237498,000	39			

Tab. A5.3 Unterschiede in der Wuchshöhe von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen unabhängig von der Wuchsform für Oktober 1993 im Dunnett-T3-Test (n = 13)

WÖT	mittl. Differenz	SF	Signifikanz
OS vs. GS	- 4,38	3,949	n.s.
OS vs. KS	- 31,15	3,801	< 0,0001
GS vs. KS	- 26,77	2,927	< 0,0001

Tab. A5.4 Mittelwerte der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) sowie Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10) <sup>1</sup> nicht nachweisbar

Monat	10.93	05.94	11.94	05.95	11.95	05.96	10.96	$\bar{x}_{05}$	$\bar{x}_{10/11}$	$\bar{x}_{ges}$
OS, B	13,8	13,5	11,4	8,1	6,6	10,5	11,1	10,7	10,6	10,7
OS, K	15,3	13,7	13,7	10,5	7,9	10,5	10,6	11,6	11,9	11,8
$\bar{x}_{OS}$	14,55	13,60	12,55	9,30	7,25	10,50	10,85	11,15	11,25	11,25
GS, B	0,9	1,3	9,1	4,8	5,8	4,5	4,9	3,5	5,2	4,4
GS, K	0,6	1,2	8,4	5,9	6,0	4,1	6,6	3,7	5,4	4,6
$\bar{x}_{GS}$	0,75	1,25	8,75	5,35	5,90	4,30	5,75	3,60	5,30	4,50
KS, B	- <sup>1</sup>	0,4	5,2	2,6	4,6	2,3	4,6	1,8	3,7	2,8
KS, K	-	0,2	3,1	2,8	3,4	1,8	4,1	1,6	2,7	2,2
$\bar{x}_{KS}$	-	0,30	4,15	2,70	4,00	2,05	4,35	1,70	3,20	2,50
$\bar{x}_B$	4,9	5,1	8,6	5,2	5,8	5,8	6,9	5,3	6,5	5,9
$\bar{x}_K$	5,3	5,0	8,4	6,4	5,8	5,5	7,1	5,6	6,7	6,2
$\bar{x}_{ges}$	5,10	5,05	8,50	5,80	5,80	5,65	7,00	5,45	6,60	6,05



Tab. A5.5 Schätzung der Einflüsse von Behandlung, Weideökotyp und Jahreszeit (Monat) auf den Bodensamenvorrat von *Senna obtusifolia* mittels ANOVA-F-Test

Effekt	Zähler-FG	ANOVA-F-Wert	Signifikanz
Behandlungen	1,00	0,38	n.s.
Weideökotyp	1,99	151,62	< 0,0001
Monat	4,51	10,40	< 0,0001
Behandlungen*Weideökotyp	1,99	1,50	n.s.
Behandlungen*Monat	4,51	0,74	n.s.
Weideökotyp*Monat	8,68	7,06	< 0,0001
Behandlungen*Weideökotyp*Monat	8,68	0,32	n.s.

\* zwischen zwei Parametern werden Wechselwirkungen gebildet

Tab. A5.6 Monatsvergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* im Mittel der drei Weideökotypen 1993 (n = 39) und 1994-96 (n = 75) im Dunnett-T3-Test

Monat	Okt. 93	Mai 94
Nov. 94	0,016	0,002
Nov. 94	0,134 <sup>n.s.</sup>	0,031
Okt. 96	0,028	0,002

fehlende Monate n.s.

Tab. A5.7 Unterschiede der Bodensamenvorräte von *S. obtusifolia* im Mittel der drei Weideökotypen 1993 (n = 91) und 1994-96 (n = 175) im Mehrfachvergleich – Dunnett-T3-Test

WÖT	mittl. Differenz	SF	Signifikanz
OS vs. GS	1,2136	0,10752	< 0,0001
OS vs. KS	1,9096	0,11263	< 0,0001
GS vs. KS	0,6960	0,11757	< 0,0001

Tab. A5.8 *Senna obtusifolia*-Bodensamenvorrat in drei Weideökotypen zu unterschiedlichen Zeitpunkten 1993 (n = 13) und 1994-96 (n = 25) im Binomial-Test

WÖT	Termin	Okt. 93	Mai 94	Nov. 94	Mai 95	Nov. 95	Mai 96
OS	05.94	0,013 <sup>n.s.</sup>					
	11.94	n.s.	n.s.				
	05.95	0,053 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	0,0009 <sup>*</sup>			
	11.95	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	0,004 <sup>n.s.</sup>		
	05.96	n.s.	0,0022 <sup>*</sup>	0,065 <sup>n.s.</sup>	0,103 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	
	10.96	n.s.	0,007 <sup>n.s.</sup>	0,146 <sup>n.s.</sup>	0,051 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	n.s.

<sup>n.s.</sup> (nach Shaffer-Korrektur) <sup>\*\*</sup>  $\alpha = 0,01$ ; <sup>\*</sup>  $\alpha = 0,05$

Fortsetzg. Tab. A5.8 *Senna obtusifolia*-Bodensamenvorrat in drei Weideökotypen zu unterschiedlichen Zeitpunkten 1993 (n = 13) und 1994-96 (n = 25) im Binomial-Test

WÖT	Termin	Okt. 93	Mai 94	Nov. 94	Mai 95	Nov. 95	Mai 96
GS	05.94	0,035 <sup>n.s.</sup>					
	11.94	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>				
	05.95	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>			
	11.95	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	n.s.		
	05.96	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	0,046 <sup>n.s.</sup>	0,017 <sup>n.s.</sup>	
	10.96	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	n.s.	n.s.	0,056 <sup>n.s.</sup>
KS	05.94	< 0,0001 <sup>**</sup>					
	11.94	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>				
	05.95	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	0,002 <sup>*</sup>			
	11.95	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	n.s.	0,003 <sup>*</sup>		
	05.96	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	0,085 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	
	10.96	< 0,0001 <sup>**</sup>	< 0,0001 <sup>**</sup>	n.s.	0,002 <sup>*</sup>	n.s.	< 0,0001 <sup>**</sup>

<sup>n.s.</sup> (nach Shaffer-Korrektur) <sup>\*\*</sup>  $\alpha = 0,01$ ; <sup>\*</sup>  $\alpha = 0,05$

Tab. A5.9 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* zu Beginn und Ende der Trockenzeit in drei Weideökotypen [25 × 25 × 10 cm] von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) und Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10) im Binomial-Test

WÖT	Kategorie	N	beob. Anteil	Signifikanz <sup>1</sup>
OS, B	Ende Trockenzeit	481	0,46	0,005
	Beginn Trockenzeit	574	0,54	
	gesamt	1055	1,00	
OS, K	Ende Trockenzeit	452	0,55	0,004
	Beginn Trockenzeit	368	0,45	
	gesamt	820	1,00	
GS, B	Ende Trockenzeit	159	0,34	< 0,0001
	Beginn Trockenzeit	305	0,66	
	gesamt	464	1,00	
GS, K	Ende Trockenzeit	171	0,45	0,041
	Beginn Trockenzeit	212	0,55	
	gesamt	383	1,00	
KS, B	Ende Trockenzeit	80	0,27	< 0,0001
	Beginn Trockenzeit	220	0,73	
	gesamt	300	1,00	
KS, K	Ende Trockenzeit	76	0,42	0,031
	Beginn Trockenzeit	106	0,58	
	gesamt	182	1,00	

<sup>1</sup> asymptotische Signifikanz (2-seitig)

Tab. A5.10 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* in den Parzellen der drei Weideökotypen [ $25 \times 25 \times 10$  cm] von Oktober 1993 ( $n = 10$ ,  $n_0 = 3$ ) und Mai 1994 bis Oktober 1996 ( $n = 15$ ,  $n_0 = 10$ ) im Binomial-Test

Zeitpunkt	Kategorie		N	beob. Anteil	Signifikanz <sup>1</sup>
Ende Trockenzeit	OS	B	481	0,52	n.s.
	OS	K	452	0,48	
		gesamt	933	1,00	
	GS	B	159	0,48	n.s.
	GS	K	171	0,52	
		gesamt	330	1,00	
	KS	B	80	0,51	n.s.
	KS	K	76	0,49	
		gesamt	156	1,00	
Beginn Trockenzeit	OS	B	574	0,61	< 0,0001
	OS	K	368	0,39	
		gesamt	942	1,00	
	GS	B	305	0,59	< 0,0001
	GS	K	212	0,41	
		gesamt	517	1,00	
	KS	B	220	0,67	< 0,0001
	KS	K	106	0,33	
		gesamt	326	1,00	

<sup>1</sup> asymptotisch, (2-seitig)

Tab. A5.11 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* in drei Weideökotypen [ $25 \times 25 \times 10$  cm] von Oktober 1993 ( $n = 10$ ,  $n_0 = 3$ ) und Mai 1994 bis Oktober 1996 ( $n = 15$ ,  $n_0 = 10$ ) im Binomial-Test

Zeitpunkt	Kategorie		N	beob. Anteil	Signifikanz <sup>1</sup>
Ende Trockenzeit	OS	B	481	0,75	< 0,0001
	GS	B	159	0,25	
		gesamt	640	1,00	
	OS	B	481	0,86	< 0,0001
	KS	B	80	0,14	
		gesamt	561	1,00	
	GS	B	159	0,67	< 0,0001
	KS	B	80	0,33	
		gesamt	239	1,00	
	OS	K	452	0,73	< 0,0001
	GS	K	171	0,27	
		gesamt	623	1,00	
	OS	K	452	0,86	< 0,0001
	KS	K	76	0,14	
		gesamt	528	1,00	

<sup>1</sup> Anzahl Kontrollparzellen; <sup>2</sup> asymptotisch, (2-seitig)

Fortsetzg. Tab. A5.11 Vergleich der Bodensamenvorräte von *Senna obtusifolia* von Oktober 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) und Mai 1994 bis Oktober 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10) im Binomial-Test

Zeitpunkt	Kategorie		N	beob. Anteil	Signifikanz <sup>1</sup>
Ende Trockenzeit	GS	K	171	0,69	< 0,0001
	KS	K	76	0,31	
		gesamt	247	1,00	
Beginn Trockenzeit	OS	B	574	0,65	< 0,0001
	GS	B	305	0,35	
		gesamt	978	1,00	
	OS	B	574	0,72	< 0,0001
	KS	B	220	0,28	
		gesamt	794	1,00	
	GS	B	305	0,58	0,00023
	KS	B	220	0,42	
		gesamt	525	1,00	
	OS	K	368	0,63	< 0,0001
	GS	K	212	0,37	
		gesamt	580	1,00	
	OS	K	368	0,78	< 0,0001
	KS	K	106	0,22	
		gesamt	474	1,00	
	GS	K	212	0,67	< 0,0001
	KS	K	106	0,33	
		gesamt	318	1,00	

<sup>1</sup> Anzahl Kontrollparzellen; <sup>2</sup> asymptotisch, (2-seitig)

Tab. A5.12 Anzahl von *Senna obtusifolia*-Samen im Boden über eine Vegetationsperiode (Juni bis Oktober 1996) in drei Weideökotypen (n = 5; 25 × 25 × 5 cm)

WÖT <sup>1</sup>	Monat					Σ	$\bar{x} \pm \text{SF}$
	06	07	08	09	10		
OS	2,6	2,8	1,2	0,8	1,8	9,2	1,84 ± 0,39
GS	0,4	0,4	0,4	-	-	1,2	0,24 ± 0,10
$\bar{x}$ (n = 3)	1,0	1,07	0,53	0,27	0,6	3,47	0,69

<sup>1</sup> keine *S. obtusifolia*-Samen in der kultivierten Savanne nachweisbar

Tab. A5.13 Keim- und Entwicklungsverlauf von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in drei Weide-ökotypen (n= 5; 0,25 m<sup>2</sup>) unter Berücksichtigung der Jahresniederschläge (NS)

Jahr (NS [mm])	Kategorie	WÖT	Monat						
			06	07	08	09	10	11	$\bar{x}$
1995 (480)	2-Blatt <sup>1</sup>	OS	9,4	3,2	0,5	1,7	-	-	2,47
		GS	0,5	1,8	-	0,1	-	-	0,40
		KS	0,2	0,1	-	0	-	-	0,05
		$\bar{x}$	3,4	1,7	0,2	0,6	-	-	0,98
1995 (480)	<i>S. obtusifolia</i>	OS	20,2	6,2	7,3	8,9	4,8	4,1	8,58
		GS	2,1	3,0	3,5	3,0	2,2	1,5	2,55
		KS	2,3	2,1	1,8	1,4	0,9	0,6	1,52
		$\bar{x}$	8,2	3,8	4,2	4,4	2,6	2,1	4,22
1996 (690)	2-Blatt	OS	1,3	-	-	-	-	-	0,22
		GS <sup>2</sup>	0,1	-	-	-	-	-	0,02
		$\bar{x}$	0,5	-	-	-	-	-	0,08
		<i>S. obtusifolia</i>	OS	19,4	25,2	21,2	15,8	9,6	6,7
GS	4,6		5,2	4,9	4,1	3,9	3,3	4,33	
KS	0,9		1,0	1,0	0,8	0,6	0,2	0,75	
$\bar{x}$	8,3		10,5	9,0	6,9	4,7	3,4	7,13	
$\bar{x}$ 95/96 (585)	2-Blatt	OS	5,35	1,60	0,25	0,85	-	-	1,34
		GS	0,30	0,90	-	0,05	-	-	0,21
		KS	0,10	0,05	-	-	-	-	0,03
		$\bar{x}$	1,92	0,85	0,08	0,30	-	-	0,53
	<i>S. obtusifolia</i>	OS	19,80	15,70	14,25	12,35	7,20	5,40	12,45
		GS	3,35	4,10	4,20	3,55	3,05	2,40	3,44
		KS	1,60	1,55	1,40	1,10	0,75	0,40	1,13
		$\bar{x}$	8,25	7,12	6,62	5,67	3,67	2,73	5,67

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*-Keimpflanzen; <sup>2</sup> keine Keimpflanzen in der kultivierten Savanne

Tab. A5.14 Rohrnährstoffgehalt und Verdaulichkeit von *S. obtusifolia*-Blattproben während der Regenzeit und zu Beginn der Trockenzeit 1994/95 im *t*-Test für unabhängige Stichproben

Jahr	Parameter	Differenz <sup>1</sup>	SF <sup>2</sup>	T-Wert	FG	Varianz	Signifikanz <sup>3</sup>
1994	TS <sup>4</sup>	- 0,200	1,4606	- 0,137	1,180	2	n.s.
	XA <sup>5</sup>	1,167	0,8986	1,298	3,000	1	n.s.
	XP <sup>6</sup>	- 5,650	2,6928	- 2,098	3,000	1	0,127 <sup>n.s.</sup>
	XL <sup>7</sup>	- 1,267	0,9369	- 1,352	1,170	2	n.s.
	XF <sup>8</sup>	2,033	1,0580	1,923	3,000	1	0,150 <sup>n.s.</sup>
	XX <sup>9</sup>	3,717	2,8470	1,306	3,000	1	n.s.
	dO <sup>10</sup>	0,233	0,6430	0,363	3,000	1	n.s.
	ME <sup>11</sup>	- 0,100	0,3162	- 0,316	1,227	2	n.s.
1995	XP	- 0,867	2,1430	- 0,404	2,000	1	n.s.
	NDF <sup>12</sup>	- 14,800	9,8398	- 1,504	3,000	1	n.s.
	Tannin	- 0,077	0,2567	- 0,299	1,109	2	n.s.

<sup>1</sup> mittlere; <sup>2</sup> Standardfehler der Differenz; <sup>3</sup> 2-seitig; <sup>4</sup> Trockensubstanz; <sup>5</sup> Rohasche; <sup>6</sup> -protein; <sup>7</sup> -fett; <sup>8</sup> -faser; <sup>9</sup> N-freie Extraktstoffe; <sup>10</sup> *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz; <sup>11</sup> metabolische Energie; <sup>12</sup> Neutraldetergenz-Faser; **Varianz**: 1 Varianzen sind gleich; 2 Varianzen sind nicht gleich

Tab. A6.1 Vergleich physikalischer Bodenmerkmale in Böden in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte 1996 in der Varianzanalyse

Parameter	Effekt	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Bodenskelett u. Feinerde (Σ = 100%)	WÖT	48,013	2	24,007	4,149	0,194 <sup>n.s.</sup>
	Dichte <sup>1</sup>	18,027	1	18,027	3,115	n.s.
	Fehler	11,573	2	5,787		
	gesamt	77,613	5			
Sandgehalt	WÖT	51,870	2	25,935	12,224	0,076 <sup>n.s.</sup>
	Dichte	23,207	1	23,207	10,938	0,081 <sup>n.s.</sup>
	Fehler	4,243	2	2,122		
	gesamt	79,320	5			
Schluffgehalt	WÖT	51,743	2	25,872	5,562	0,152 <sup>n.s.</sup>
	Dichte	12,327	1	12,327	2,650	n.s.
	Fehler	9,303	2	4,652		
	gesamt	73,373	5			
Tongehalt	WÖT	3,613	2	1,807	3,430	n.s.
	Dichte	1,707	1	1,707	3,241	n.s.
	Fehler	1,053	2	0,527		
	gesamt	6,373	5			
minimale Wasserkapazität	WÖT	18,670	2	4,335	2,785	n.s.
	Dichte	0,002	1	0,002	0,000	n.s.
	Fehler	6,703	2	3,552		
	gesamt	25,375	5			

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*

Tab. A6.2 Vergleich der *pH*-Werte und chemischer Merkmale in Böden in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte 1996 in der Varianzanalyse

Parameter	Effekt	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
<i>pH</i> -Wert (Feld)	WÖT	0,253	2	0,127	1,000	n.s.
	Dichte <sup>1</sup>	0,107	1	0,107	0,842	n.s.
	Fehler	0,253	2	0,127		
	gesamt	0,613	5			
<i>pH</i> -Wert (H <sub>2</sub> O)	WÖT	1,343	2	0,672	31,000	0,031
	Dichte	0,482	1	0,482	22,231	0,042
	Fehler	0,043	2	0,022		
	gesamt	1,868	5			
organischer Kohlenstoff	WÖT	0,343	2	0,172	14,714	0,064 <sup>n.s.</sup>
	Dichte	0,667	1	0,667	57,143	0,017
	Fehler	0,023	2	0,012		
	gesamt	1,033	5			
Gesamt- stickstoff	WÖT	0,083	2	0,042	1,000	n.s.
	Dichte	0,042	1	0,042	1,000	n.s.
	Fehler	0,083	2	0,042		
	gesamt	0,208	5			
Kationen- austausch- kapazität	WÖT	0,063	2	0,032	0,035	n.s.
	Dichte <sup>1</sup>	0,082	1	0,082	0,091	n.s.
	Fehler	1,803	2	0,902		
	gesamt	1,948	5			
Kalziumgehalt	WÖT	0,250	2	0,125	0,143	n.s.
	Dichte	0,000	1	0,000	0,000	n.s.
	Fehler	1,750	2	0,875		
	gesamt	2,000	5			
Magnesium- gehalt	WÖT	0,030	2	0,015	9,000	0,100 <sup>n.s.</sup>
	Dichte	0,082	1	0,082	49,000	0,020
	Fehler	0,003	2	0,002		
	gesamt	0,115	5			

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*Tab. A6.3 Vergleich der minimalen Wasserkapazität von Bodenproben im Feld bei unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte (n = 3) mittels zweifaktorieller Varianzanalyse

Effekt	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
<i>S. obt.</i> -Dichte	0,009	1	0,009	0,001	n.s.
WÖT	56,101	2	28,051	2,292	0,144 <sup>n.s.</sup>
<i>S. obt.</i> -Dichte*WÖT	19,541	2	9,771	0,798	n.s.
Fehler	146,853	12	12,238		
gesamt	222,504	17			

Tab. A6.4 Vergleich der *pH*-Werte im Feld von Bodenproben im Feld bei unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte ( $n = 3$ ) mittels Median-Test

<i>S. obtusifolia</i> -Dichte			Median		Signifikanz
hoch	9	6	5,00	> Median	n.s.
spärlich	0	3		< Median	

Tab. A6.5 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für minimale Wasserkapazität in Abhängigkeit vom *pH*-Wert (Feld) von Böden in drei Weideökotypen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte 1996

Parameter ( $n = 18$ )	<i>pH</i> -Wert	WK <sub>min</sub> <sup>1</sup>
$\rho_s$	1,000	0,454
Signifikanz (2-seitig)	-	0,058 <sup>n.s.</sup>

<sup>1</sup> minimale Wasserkapazität

Tab. A6.6 Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ) für die *Senna obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit der Bodenmerkmale im August in drei Weideökotypen 1996

Bodenmerkmal ( $n = 3$ ) ( $\bar{x}_{\text{WÖT}}$ )	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch		<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich	
	$r$	Signifikanz <sup>2</sup>	$r$	Signifikanz
Bodenskelett	0,343	n.s.	0,236	n.s.
Feinerde	- 0,343	n.s.	- 0,236	n.s.
Sandgehalt	0,375	n.s.	0,577	n.s.
Schluffgehalt	- 0,585	n.s.	- 0,741	n.s.
Tongehalt	0,244	n.s.	0,985	0,110 <sup>n.s.</sup>
minimale Wasserkapazität	- 0,923	n.s.	- 0,925	n.s.
<i>pH</i> -Wert (Feld)	- 0,161	n.s.	-	-
<i>pH</i> -Wert (H <sub>2</sub> O)	- 0,876	n.s.	- 0,507	n.s.
organischer Kohlenstoffgehalt	- 0,935	n.s.	- 0,577	n.s.
Gesamtstickstoffgehalt	0,718	n.s.	-	-
Kationenaustauschkapazität	- 0,761	n.s.	0,772	n.s.
Kalziumgehalt	0,718	n.s.	0,908	n.s.
Magnesiumgehalt	- 0,244	n.s.	- 0,419	n.s.
Kaliumgehalt	0,718	n.s.	0,577	n.s.

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig



Tab. A6.7 Vergleich der Anzahl der Arten der Krautschicht insgesamt in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	Dichte <sup>1</sup>	beob. <sup>2</sup> n	erw. <sup>3</sup> n	Residuen	$\chi^2$ -Wert	Signifikanz <sup>4</sup>
OS	Juni	h <sup>5</sup>	32	30,0	2,0	0,267	n.s.
		s <sup>6</sup>	28	30,0	- 2,0		
		$\Sigma$	60				
	August	h	39	32,0	7,0	3,063	0,080 <sup>n.s.</sup>
		s	25	32,0	- 7,0		
		$\Sigma$	64				
	Oktober	h	35	30,0	5,0	1,667	0,197 <sup>n.s.</sup>
		s	25	30,0	- 5,0		
		$\Sigma$	60				
	$\bar{x}$	h	106	92,0	14,0	4,261	0,039
		s	78	92,0	- 14,0		
		$\Sigma$	184				
GS	Juni	h	33	30,0	3,0	0,600	n.s.
		s	27	30,0	- 3,0		
		$\Sigma$	60				
	August	h	19	24,5	- 5,5	2,469	0,116 <sup>n.s.</sup>
		s	30	24,5	5,5		
		$\Sigma$	49				
	Oktober	h	19	21,5	- 2,5	0,581	n.s.
		s	24	21,5	2,5		
		$\Sigma$	43				
	$\bar{x}$	h	71	76,0	- 5,0	0,658	n.s.
		s	81	76,0	5,0		
		$\Sigma$	152				
KS	Juni	h	31	30,0	1,0	0,067	n.s.
		s	29	30,0	- 1,0		
		$\Sigma$	60				
	August	h	46	36,5	9,5	4,945	0,026
		s	27	36,5	- 9,5		
		$\Sigma$	73				
	Oktober	h	30	27,5	2,5	0,455	n.s.
		s	25	27,5	- 2,5		
		$\Sigma$	55				
	$\bar{x}$	h	107	94,0	13,0	3,596	0,058 <sup>n.s.</sup>
		s	81	94,0	- 13,0		
		$\Sigma$	188				
WÖT	$\bar{x}$	h	284	262,0	22,0	3,695	0,055 <sup>n.s.</sup>
		s	240	262,0	- 22,0		
		$\Sigma$	524				

FG = 1; <sup>1</sup> *S. obtusifolia*-Dichte; <sup>2-3</sup> beobachtete, erwartete Anzahl; <sup>4</sup> asymptotisch; <sup>5</sup> hoch; <sup>6</sup> spärlich

Tab. A6.8 Vergleich der Anzahl der Gräserarten in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

WÖT	Monat	Dichte <sup>1</sup>	beob. <sup>2</sup> n	erw. <sup>3</sup> n	Residuen	$\chi^2$ -Wert	Signifikanz <sup>4</sup>
OS	Juni	h <sup>5</sup>	13	15,5	- 2,5	0,806	n.s.
		s <sup>6</sup>	18	15,5	2,5		
		$\Sigma$	31				
	August	h	21	19,0	2,0	0,421	n.s.
		s	17	19,0	- 2,0		
		$\Sigma$	38				
	Oktober	h	18	16,5	1,5	0,273	n.s.
		s	15	16,5	- 1,5		
		$\Sigma$	33				
	$\bar{x}$	h	52	51,0	1,0	0,039	n.s.
		s	50	51,0	- 1,0		
		$\Sigma$	102				
GS	Juni	h	13	14,5	- 1,5	0,310	n.s.
		s	16	14,5	1,5		
		$\Sigma$	29				
	August	h	8	13,0	- 5,0	3,846	0,050
		s	18	13,0	5,0		
		$\Sigma$	26				
	Oktober	h	13	14,5	- 1,5	0,310	n.s.
		s	16	14,5	1,5		
		$\Sigma$	29				
	$\bar{x}$	h	34	42,0	- 8,0	3,048	0,081 <sup>n.s.</sup>
		s	50	42,0	8,0		
		$\Sigma$	84				
KS	Juni	h	11	14,0	- 3,0	1,286	n.s.
		s	17	14,0	3,0		
		$\Sigma$	28				
	August	h	15	15,0	0	0	n.s.
		s	15	15,0	0		
		$\Sigma$	30				
	Oktober	h	10	14,0	- 4,0	2,286	0,131 <sup>n.s.</sup>
		s	18	14,0	4,0		
		$\Sigma$	28				
	$\bar{x}$	h	36	43,0	- 7,0	2,279	0,131 <sup>n.s.</sup>
		s	50	43,0	7,0		
		$\Sigma$	86				
WÖT	$\bar{x}$	h	122	136,0	- 14,0	2,882	0,090 <sup>n.s.</sup>
		s	150	136,0	14,0		
		$\Sigma$	272				

<sup>1-6</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.7

Tab. A6.9 Vergleich der Anzahl der Kräuterarten in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	Dichte <sup>1</sup>	beob. <sup>2</sup> n	erw. <sup>3</sup> n	Residuen	$\chi^2$ -Wert	Signifikanz <sup>4</sup>
OS	Juni	h <sup>5</sup>	19	14,5	4,5	2,793	0,095 <sup>n.s.</sup>
		s <sup>6</sup>	10	14,5	- 4,5		
		$\Sigma$	29				
	August	h	18	13,0	5,0	3,846	0,050
		s	8	13,0	- 5,0		
		$\Sigma$	26				
	Oktober	h	17	13,5	3,5	1,815	0,178 <sup>n.s.</sup>
		s	10	13,5	- 3,5		
		$\Sigma$	27				
	$\bar{x}$	h	54	41,0	13,0	8,244	0,004
		s	28	41,0	- 13,0		
		$\Sigma$	82				
GS	Juni	h	20	15,5	4,5	2,613	0,106 <sup>n.s.</sup>
		s	11	15,5	- 4,5		
		$\Sigma$	31				
	August	h	11	11,5	- 0,5	0,043	n.s.
		s	12	11,5	0,5		
		$\Sigma$	23				
	Oktober	h	6	7,0	- 1,0	0,286	n.s.
		s	8	7,0	1,0		
		$\Sigma$	14				
	$\bar{x}$	h	37	34,0	3,0	0,529	n.s.
		s	31	34,0	- 3,0		
		$\Sigma$	68				
KS	Juni	h	20	16,0	4,0	2,000	n.s.
		s	12	16,0	- 4,0		
		$\Sigma$	32				
	August	h	31	21,5	9,5	8,395	0,004
		s	12	21,5	- 9,5		
		$\Sigma$	43				
	Oktober	h	20	13,5	6,5	6,259	0,012
		s	7	13,5	- 6,5		
		$\Sigma$	27				
	$\bar{x}$	s	71	51,0	20,0	15,686	< 0,0001
			31	51,0	- 20,0		
		$\Sigma$	102				
WÖT	$\bar{x}$	h	162	126,0	36,0	20,571	< 0,0001
		s	90	126,0	- 36,0		
		$\Sigma$	252				

<sup>1-6</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.7

Tab. A6.10 Vergleich der Anzahl der Individuen der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

WÖT	Monat	Dichte <sup>1</sup>	beob. <sup>2</sup> n	erw. <sup>3</sup> n	Residuen	$\chi^2$ -Wert	Signifikanz <sup>4</sup>
OS	Juni	h <sup>5</sup>	111	248,0	- 137,0	151,363	< 0,0001
		s <sup>6</sup>	385	248,0	137,5		
		$\Sigma$	496				
	August	h	103	140,5	- 37,5	20,018	< 0,0001
		s	178	140,5	37,5		
		$\Sigma$	281				
	Oktober	h	101	109,5	- 8,5	1,330	n.s.
		s	118	109,5	8,5		
		$\Sigma$	219				
	$\bar{x}$	h	315	498,0	- 183,0		< 0,0001
		s	681	498,0	183,0		
		$\Sigma$	996				
GS	Juni	h	265	338,0	- 73,0	31,533	< 0,0001
		s	411	338,0	73,0		
		$\Sigma$	676				
	August	h	140	232,0	- 92,0	72,966	< 0,0001
		s	324	232,0	92,0		
		$\Sigma$	464				
	Oktober	h	121	120,5	0,5	0,004	n.s.
		s	120	120,5	- 0,5		
		$\Sigma$	241				
	$\bar{x}$	h	526	690,5	- 164,5	78,379	< 0,0001
		s	855	690,5	164,5		
		$\Sigma$	1381				
KS	Juni	h	174	268,0	- 94,0	65,940	< 0,0001
		s	362	268,0	94,0		
		$\Sigma$	536				
	August	h	143	194,5	- 51,5	27,272	< 0,0001
		s	246	194,5	51,5		
		$\Sigma$	389				
	Oktober	h	122	120,5	1,5	0,037	n.s.
		s	119	120,5	- 1,5		
		$\Sigma$	241				
	$\bar{x}$	h	439	583,0	- 144,0	71,136	< 0,0001
		s	727	583,0	144,0		
		$\Sigma$	1166				
WÖT	$\bar{x}$	h	1280	1771,5	- 491,5	272,732	< 0,0001
		s	2263	1771,5	491,5		
		$\Sigma$	3543				

<sup>1-6</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.7

Tab. A6.11 Vergleich der Anzahl der Gräser in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	Dichte <sup>1</sup>	beob. <sup>2</sup> n	erw. <sup>3</sup> n	Residuen	$\chi^2$ -Wert	Signifikanz <sup>4</sup>
OS	Juni	h <sup>5</sup>	46	138,5	- 92,5	123,556	< 0,0001
		s <sup>6</sup>	231	138,5	92,5		
		$\Sigma$	277				
	August	h	62	68,0	- 6,0	1,059	n.s.
		s	74	68,0	6,0		
		$\Sigma$	136				
	Oktober	h	30	53,0	- 23,0	19,962	< 0,0001
		s	76	53,0	23,0		
		$\Sigma$	106				
	$\bar{x}$	h	138	259,5	- 121,5	113,775	< 0,0001
		s	381	259,5	121,5		
		$\Sigma$	519				
GS	Juni	h	135	157,5	- 22,5	6,429	0,011
		s	180	157,5	22,5		
		$\Sigma$	315				
	August	h	71	115,5	- 44,5	34,290	< 0,0001
		s	160	115,5	44,5		
		$\Sigma$	321				
	Oktober	h	70	76,0	- 6,0	0,947	n.s.
		s	82	76,0	6,0		
		$\Sigma$	152				
	$\bar{x}$	h	276	349,0	- 73,0	30,539	< 0,0001
		s	422	349,0	73,0		
		$\Sigma$	698				
KS	Juni	h	69	104,0	- 35,0	23,558	< 0,0001
		s	139	104,0	35,0		
		$\Sigma$	208				
	August	h	36	81,0	- 45,0	50,000	< 0,0001
		s	126	81,0	45,0		
		$\Sigma$	162				
	Oktober	h	49	60,0	- 11,0	4,033	0,045
		s	71	60,0	11,0		
		$\Sigma$	120				
	$\bar{x}$	h	154	245,0	- 91,0	67,600	< 0,0001
		s	336	245,0	91,0		
		$\Sigma$	490				
WÖT	$\bar{x}$	h	568	853,5	- 285,5	191,002	< 0,0001
		s	1139	853,5	285,5		
		$\Sigma$	1707				

<sup>1-6</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.7

Tab. A6.12 Vergleich der Anzahl der Kräuter in Flächen mit unterschiedlichem Verunkrautungsgrad in drei Weideökotypen im  $\chi^2$ -Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

WÖT	Monat	Dichte <sup>1</sup>	beob. <sup>2</sup> n	erw. <sup>3</sup> n	Residuen	$\chi^2$ -Wert	Signifikanz <sup>4</sup>
OS	Juni	h <sup>5</sup>	65	109,5	- 44,5	36,169	< 0,0001
		s <sup>6</sup>	154	109,5	44,5		
		$\Sigma$	219				
	August	h	41	72,5	- 31,5	27,371	< 0,0001
		s	104	72,5	31,5		
		$\Sigma$	145				
	Oktober	h	71	56,5	14,5	7,442	0,006
		s	42	56,5	- 14,5		
		$\Sigma$	113				
	$\bar{x}$	h	177	238,5	- 61,5	31,717	< 0,0001
		s	300	238,5	61,5		
		$\Sigma$	477				
GS	Juni	h	130	180,5	- 50,5	28,258	< 0,0001
		s	231	180,5	50,5		
		$\Sigma$	361				
	August	h	69	116,5	- 47,5	38,734	< 0,0001
		s	164	116,5	47,5		
		$\Sigma$	233				
	Oktober	h	51	44,5	6,5	1,899	0,168 <sup>n.s.</sup>
		s	38	44,5	- 6,5		
		$\Sigma$	89				
	$\bar{x}$	h	250	341,5	- 91,5	49,032	< 0,0001
		s	433	341,5	91,5		
		$\Sigma$	683				
KS	Juni	h	105	164,0	- 59,0	42,451	< 0,0001
		s	223	164,0	59,0		
		$\Sigma$	328				
	August	h	107	113,5	- 6,5	0,744	n.s.
		s	120	113,5	6,5		
		$\Sigma$	227				
	Oktober	h	73	60,5	12,5	5,165	0,023
		s	48	60,5	- 12,5		
		$\Sigma$	121				
	$\bar{x}$	h	285	338,0	- 53,0	16,621	< 0,0001
		s	391	338,0	53,0		
		$\Sigma$	676				
WÖT	$\bar{x}$	h	712	918,0	- 206,0	92,453	< 0,0001
		s	1124	918,0	206,0		
		$\Sigma$	1836				

<sup>1-6</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.7

Tab. A6.13 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Gräserarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit hoher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Gräserarten	offene Savanne			geschützte Savanne			kultivierte Savanne		
	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober
<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,00 ± 0,55	-
<i>Aristida</i> spp.	-	0,60 ± 0,60	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachiaria</i> spp.	6,40 ± 2,82	3,60 ± 1,12	2,20 ± 1,02	13,40 ± 7,86	11,20 ± 1,59	8,00 ± 1,00	-	-	-
<i>Cenchrus biflorus</i>	0,40 ± 0,24	1,40 ± 0,51	1,60 ± 0,60	-	-	-	0,40 ± 0,24	2,40 ± 0,51	-
<i>Chloris pilosa</i>	1,60 ± 1,02	0,40 ± 0,40	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	0,40 ± 0,24	3,00 ± 0,32	1,00 ± 0,32	-	-	0,80 ± 0,49	5,80 ± 3,02	0,20 ± 0,20	4,80 ± 1,59
<i>Digitaria debilis</i>	0,20 ± 0,20	2,60 ± 0,24	0,20 ± 0,20	-	-	-	-	2,00 ± 1,38	1,00 ± 0,55
<i>Eragrostis</i> spp.	-	-	0,40 ± 0,40	-	-	-	-	-	-
<i>Loudetia togoensis</i>	-	-	0,20 ± 0,20	4,40 ± 2,71	2,80 ± 1,74	4,40 ± 1,50	-	-	-
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	0,20 ± 0,20	0,80 ± 0,80	0,20 ± 0,20	5,80 ± 3,04	0,20 ± 0,20	-	7,60 ± 3,31	1,60 ± 0,60	4,00 ± 1,87
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	-	-	0,20 ± 0,20	-	-	0,80 ± 0,58	-	-	-
<i>Setaria sphacelata</i>	-	-	-	3,40 ± 2,27	-	-	-	-	-
Gräser, gesamt	9,20	12,40	6,00	27,00	14,20	14,00	13,80	7,20	9,80

Tab. A6.14 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Kräuterarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit hoher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Kräuterarten	offene Savanne			geschützte Savanne			kultivierte Savanne		
	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober
<i>Achyranthes aspera</i> Linn. <sup>1*</sup>	5,00 ± 1,09	1,00 ± 0,54	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> <sup>4</sup>	0,20 ± 0,20	1,80 ± 0,37	2,20 ± 0,66	-	-	0,20 ± 0,20	1,40 ± 1,40	2,60 ± 1,29	0,60 ± 0,40
<i>Alysicarpus</i> sp. <sup>4</sup>	-	0,80 ± 0,80	-	-	0,20 ± 0,20	-	-	-	-
<i>Amaranthus</i> spp. <sup>1</sup>	3,00 ± 1,05	2,40 ± 0,93	0,20 ± 0,20	6,40 ± 4,53	0,60 ± 0,60	-	-	-	-
<i>Chamaecrista mimosoides</i> <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	0,40 ± 0,24	0,20 ± 0,20	-
<i>Commelina erecta</i> Linn. <sup>3*</sup>	-	-	-	-	-	-	1,00 ± 0,54	0,60 ± 0,40	1,00 ± 0,44
<i>Commelina</i> spp. <sup>3</sup>	3,00 ± 1,10	0,20 ± 0,20	0,20 ± 0,20	-	0,60 ± 0,40	-	7,40 ± 2,94	5,40 ± 1,44	-
<i>Sesbania</i> spp. <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	1,20 ± 0,73	1,40 ± 0,40	0,40 ± 0,40
<i>Sida cordifolia</i> <sup>5*</sup>	-	-	3,80 ± 1,77	-	-	-	1,00 ± 0,63	1,40 ± 0,75	2,80 ± 1,36
<i>Sida rhombifolia</i> <sup>5*</sup>	0,20 ± 0,20	2,00 ± 1,30	0,60 ± 0,40	-	-	-	-	-	-
<i>Spermacoce octodon</i> <sup>6</sup>	1,60 ± 1,36	-	-	5,40 ± 2,25	1,20 ± 0,97	-	-	-	0,60 ± 0,60
<i>Tephrosia</i> spp. <sup>4</sup>	-	-	-	0,20 ± 0,20	-	-	-	-	-
<i>Tribulus terrestris</i> <sup>7*</sup>	-	-	-	0,40 ± 0,24	0,20 ± 0,20	-	-	-	-
<i>Urena lobata</i> <sup>5*</sup>	-	-	-	1,20 ± 0,58	-	-	-	-	-
<i>Zornia gluchidiata</i> <sup>4</sup>	-	11,40 ± 1,96	7,20 ± 1,24	12,00 ± 3,70	12,00 ± 3,51	10,00 ± 0,00	0,80 ± 0,58	2,80 ± 1,02	1,40 ± 0,68
undiff. <sup>8</sup> Nichtlegum.	-	-	-	-	-	-	7,80 ± 3,80	6,00 ± 1,10	8,00 ± 0,63
undiff. <sup>9</sup> Nichtlegum.	-	-	-	0,40 ± 0,40	-	-	-	1,00 ± 0,54	-
Kräuter, gesamt <sup>10</sup>	13,00	19,60	14,20	26,00	14,80	10,20	21,00	21,40	14,80
<i>Senna obtusifolia</i> <sup>2</sup>	46,40 ± 1,81	21,60 ± 1,17	17,20 ± 1,59	36,60 ± 2,58	26,00 ± 0,84	6,60 ± 0,93	24,60 ± 2,20	10,40 ± 0,68	6,20 ± 0,58

\* perennierend; <sup>1</sup> *Anaranthaceae*, <sup>2</sup> *Caesalpinioideae*, <sup>3</sup> *Commelinaceae*, <sup>4</sup> *Papilionoideae*, <sup>5</sup> *Malvaceae*, <sup>6</sup> *Rubiaceae*, <sup>7</sup> *Zygophyllaceae*, <sup>8-9</sup> undifferenzierte Nichtleguminosen (Hausa-Namen: <sup>8</sup> Walkin Damo, <sup>9</sup> Kaikai); <sup>10</sup> ohne *S. obtusifolia*



Tab. A6.15 Gesamtzahl der Pflanzen der Krautschicht außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit hoher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )<sup>1</sup> mit *S. obtusifolia*

Vegetation	offene Savanne			geschützte Savanne			kultivierte Savanne		
	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober
Krautschicht, gesamt <sup>1</sup>	68,60	53,60	37,40	89,60	55,00	30,80	59,40	39,00	30,80

Tab. A6.16 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Gräser- und Seggenarten außerhalb der Versuchspartzellen in Flächen mit spärlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Gräser- und Seggenarten	offene Savanne			geschützte Savanne			kultivierte Savanne		
	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober
<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	-	-	-	-	0,80 ± 0,80	-	-
<i>A. pseudapricus</i> Stapf	-	-	-	-	-	4,00 ± 2,44	-	-	-
<i>Aristida</i> spp.	1,80 ± 0,80	2,00 ± 1,14	-	-	-	-	3,80 ± 3,56	4,80 ± 2,24	2,00 ± 0,89
<i>Brachiaria</i> spp.	39,40 ± 5,23	8,20 ± 1,88	2,00 ± 0,77	25,60 ± 5,50	6,80 ± 3,31	0,60 ± 0,40	16,60 ± 6,45	9,40 ± 2,52	3,20 ± 0,86
<i>Cenchrus biflorus</i>	-	0,80 ± 0,80	-	-	-	-	1,00 ± 1,00	0,40 ± 0,40	-
<i>Chloris pilosa</i>	0,40 ± 0,40	2,00 ± 0,83	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	1,20 ± 0,49	1,80 ± 0,66	1,20 ± 0,49	1,00 ± 0,63	0,60 ± 0,40	0,40 ± 0,40	3,00 ± 0,59	9,60 ± 3,61	3,20 ± 0,86
<i>Digitaria debilis</i>	0,20 ± 0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eragrostis</i> spp.	-	-	0,20 ± 0,20	-	-	-	-	-	-
<i>Loudetia togoensis</i>	2,80 ± 1,46	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	-	-	-	6,80 ± 2,40	19,00 ± 2,41	3,60 ± 1,83	-	-	-
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	2,40 ± 0,93	1,00 ± 0,55	0,20 ± 0,20
<i>Setaria sphacelata</i>	-	-	11,80 ± 1,11	-	-	6,60 ± 2,75	-	-	5,60 ± 1,17
<i>Ascolepis protea</i>	-	-	-	0,60 ± 0,60	3,00 ± 1,91	-	-	-	-
<i>Bulbostylis</i> spp.	0,40 ± 0,40	-	-	0,80 ± 0,58	1,60 ± 0,60	1,20 ± 0,58	-	-	-
<i>Cyperus</i> spp.	-	-	-	1,40 ± 1,40	1,60 ± 1,60	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	0,20 ± 0,20	-	-
Gräser/Seggen, ges.	46,20	14,80	15,20	36,20	32,60	16,40	27,80	25,20	14,20

Tab. A6.17 Mittelwert und Standardfehler der Anzahl der Kräuterarten außerhalb der Versuchsparzellen in Flächen mit spärlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Kräuterarten	offene Savanne			geschützte Savanne			kultivierte Savanne		
	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> <sup>4</sup>	1,00 ± 0,63	2,00 ± 1,76	0,40 ± 0,24	3,00 ± 2,53	1,00 ± 0,45	-	-	-	-
<i>Alysicarpus</i> sp. <sup>4</sup>	-	-	-	-	3,80 ± 2,33	-	0,40 ± 0,40	0,40 ± 0,40	-
<i>Amaranthus</i> spp. <sup>1</sup>	-	-	-	3,40 ± 3,40	-	-	-	-	-
<i>Chamaecrista mimosoides</i> <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	0,20 ± 0,20	-	-
<i>Commelina</i> spp. <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	1,00 ± 1,00	1,60 ± 1,03	0,20 ± 0,20
<i>Sesbania</i> spp. <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	0,40 ± 0,40	-	-
<i>Sida rhombifolia</i> <sup>5*</sup>	-	-	0,20 ± 0,20	-	-	-	-	-	-
<i>Spermacoce octodon</i> <sup>6</sup>	1,60 ± 0,81	0,20 ± 0,20	1,00 ± 0,55	2,20 ± 1,02	1,40 ± 0,60	-	10,40 ± 5,05	3,60 ± 1,94	1,40 ± 1,40
<i>Tephrosia</i> spp. <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	2,80 ± 1,15	-	-	-
<i>Zornia glochidiata</i> <sup>4</sup>	28,60 ± 7,69	18,70 ± 3,65	6,80 ± 1,69	37,60 ± 6,98	26,60 ± 2,73	4,60 ± 1,75	32,20 ± 4,28	18,40 ± 2,99	8,00 ± 1,52
undiff. <sup>7</sup> Nichtlegum.	-	-	-	-	-	0,20 ± 0,20	-	-	-
Kräuter, gesamt <sup>8</sup>	31,60	20,90	8,40	46,20	32,80	7,20	44,60	24,00	9,60
<i>Senna obtusifolia</i> <sup>2</sup>	20,20 ± 5,34	2,40 ± 0,68	0,20 ± 0,20	3,40 ± 1,29	2,60 ± 1,25	0,40 ± 0,24	0,60 ± 0,60	0,60 ± 0,24	0,40 ± 0,40

\* perennierend; <sup>1</sup> *Amaranthaceae*, <sup>2</sup> *Caesalpinioideae*, <sup>3</sup> *Commelinaceae*, <sup>4</sup> *Papilionoideae*, <sup>5</sup> *Malvaceae*, <sup>6</sup> *Rubiaceae*, <sup>7</sup> undifferenzierte Nichtleguminose (Hausa-Name: Walkin Damo); <sup>8</sup> ohne *S. obtusifolia*

Tab. A6.18 Gesamtzahl der Pflanzen der Krautschicht außerhalb der Versuchsparzellen in Flächen mit spärlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen 1996 (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Vegetation	offene Savanne			geschützte Savanne			kultivierte Savanne		
	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober	Juni	August	Oktober
Krautschicht, gesamt <sup>1</sup>	98,00	38,00	23,80	85,80	68,00	24,00	73,00	49,80	24,20

<sup>1</sup> mit *S. obtusifolia*

Tab. A6.19 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Aristida</i> spp.	Juni	hoch	-	0	0,004
		spärlich	9	1,00	
		gesamt	9	1,00	
	August	hoch	3	0,23	0,092 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	10	0,77	
		gesamt	13	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	3	0,14	0,001
		spärlich	19	0,86	
		gesamt	22	1,00	
<i>Brachiaria</i> spp.	Juni	hoch	32	0,14	< 0,0001
		spärlich	197	0,86	
		gesamt	229	1,00	
	August	hoch	18	0,31	0,004
		spärlich	41	0,69	
		gesamt	59	1,00	
	Oktober	hoch	11	0,52	n.s.
		spärlich	10	0,48	
		gesamt	21	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	61	0,20	< 0,0001
		spärlich	248	0,80	
		gesamt	309	1,00	
<i>Cenchrus biflorus</i>	Juni	hoch	2	1,00	n.s.
		spärlich	-	0	
		gesamt	2	1,00	
	August	hoch	7	0,64	n.s.
		spärlich	4	0,36	
		gesamt	11	1,00	
	Oktober	hoch	8	1,00	0,008
		spärlich	-	0	
		gesamt	8	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	17	0,81	0,007
		spärlich	4	0,19	
		gesamt	21	1,00	

<sup>1</sup> fehlende Monate weisen auf Abwesenheit der entsprechenden Art zu diesem Zeitpunkt im Zählquadrat hin; <sup>2</sup> *S. obtusifolia*; <sup>3</sup> beobachteter Anteil

Fortsetzg. Tab. A6.19 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Juni	hoch	2	0,25	n.s.
		spärlich	6	0,75	
		gesamt	8	1,00	
	August	hoch	15	0,63	n.s.
		spärlich	9	0,38	
		gesamt	24	1,00	
	Oktober	hoch	5	0,45	n.s.
		spärlich	6	0,55	
		gesamt	11	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	22	0,51	n.s.
		spärlich	21	0,49	
		gesamt	43	1,00	
<i>Digitaria debilis</i>	Juni	hoch	1	0,50	n.s.
		spärlich	1	0,50	
		gesamt	2	1,00	
	August	hoch	13	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	13	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	15	0,94	0,001
		spärlich	1	0,06	
		gesamt	16	1,00	
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Oktober	hoch	1	0,02	< 0,0001
		spärlich	59	0,98	
		gesamt	60	1,00	
Gräser gesamt (enthält <i>P. pedicellatum</i> , <i>L. togoensis</i> )	$\bar{x}$	hoch	126	0,26	< 0,0001
		spärlich	368	0,74	
		gesamt	494	1,00	

<sup>1</sup> fehlende Monate weisen auf Abwesenheit der entsprechenden Art zu diesem Zeitpunkt im Zählquadrat hin;

<sup>2</sup> *S. obtusifolia*; <sup>3</sup> beobachteter Anteil

Tab. A6.20 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Juni	hoch	1	0,17	n.s.
		spärlich	5	0,83	
		gesamt	6	1,00	
	August	hoch	9	0,47	n.s.
		spärlich	10	0,53	
		gesamt	19	1,00	
	Oktober	hoch	11	0,85	< 0,0001
		spärlich	2	0,15	
		gesamt	13	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	21	0,55	n.s.
		spärlich	17	0,45	
		gesamt	38	1,00	
<i>Amaranthus</i> spp.	Juni	hoch	15	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	15	1,00	
	August	hoch	12	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	12	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	28	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	28	1,00	
<i>Commelina</i> spp.	Juni	hoch	15	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	15	1,00	
<i>Senna obtusifolia</i>	Juni	hoch	232	0,70	< 0,0001
		spärlich	101	0,30	
		gesamt	333	1,00	
	August	hoch	108	0,90	< 0,0001
		spärlich	12	0,10	
		gesamt	120	1,00	
	Oktober	hoch	86	0,99	< 0,0001
		spärlich	1	0,01	
		gesamt	87	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	426	0,79	< 0,0001
		spärlich	114	0,21	
		gesamt	540	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.20 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der offenen Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Sida cordifolia</i>	Oktober	hoch	19	0,95	< 0,0001
		spärlich	1	0,05	
		gesamt	20	1,00	
<i>Sida rhombifolia</i>	August	hoch	10	1,00	0,002
		spärlich	-	0	
		gesamt	10	1,00	
	Oktober	hoch	3	1,00	n.s.
		spärlich	-	0	
		gesamt	3	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	14	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	14	1,00	
<i>Spermacoce octodon</i>	Juni	hoch	8	0,50	n.s.
		spärlich	8	0,50	
		gesamt	16	1,00	
	Oktober	hoch	-	0	0,063 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	5	1,00	
		gesamt	5	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	8	0,36	n.s.
		spärlich	14	0,64	
		gesamt	22	1,00	
<i>Zornia glochiditata</i>	Juni	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	143	1,00	
		gesamt	143	1,00	
	August	hoch	57	0,38	0,003
		spärlich	94	0,62	
		gesamt	151	1,00	
	Oktober	hoch	36	0,51	n.s.
		spärlich	34	0,49	
		gesamt	70	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	271	0,74	< 0,0001
		spärlich	93	0,26	
		gesamt	364	1,00	
Kräuter gesamt (ohne <i>S. obtusifolia</i> )	$\bar{x}$	hoch	200	0,40	< 0,0001
		spärlich	303	0,60	
		gesamt	503	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Tab. A6.21 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Brachiaria</i> spp.	Juni	hoch	67	0,35	< 0,0001
		spärlich	127	0,65	
		gesamt	194	1,00	
	August	hoch	56	0,62	0,026
		spärlich	34	0,38	
		gesamt	90	1,00	
	Oktober	hoch	40	0,93	< 0,0001
		spärlich	3	0,07	
		gesamt	43	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	163	0,50	n.s.
		spärlich	164	0,50	
		gesamt	327	1,00	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Juni	hoch	-	0	0,063 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	5	1,00	
		gesamt	5	1,00	
	August	hoch	-	0	n.s.
		spärlich	3	1,00	
		gesamt	3	1,00	
	Oktober	hoch	4	0,67	n.s.
		spärlich	2	0,33	
		gesamt	6	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	4	0,29	0,180 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	10	0,71	
		gesamt	14	1,00	
<i>Loudetia togoensis</i>	Juni	hoch	22	0,39	0,141 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	34	0,61	
		gesamt	56	1,00	
	August	hoch	14	0,13	< 0,0001
		spärlich	95	0,87	
		gesamt	109	1,00	
	Oktober	hoch	22	0,55	n.s.
		spärlich	18	0,45	
		gesamt	40	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	58	0,28	< 0,0001
		spärlich	147	0,72	
		gesamt	205	1,00	
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Juni	hoch	29	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	29	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.21 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Oktober	hoch	4	0,11	< 0,0001
		spärlich	33	0,89	
		gesamt	37	1,00	
Gräser gesamt <sup>4</sup>	$\bar{x}$	hoch	259	0,41	< 0,0001
		spärlich	369	0,59	
		gesamt	628	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19; <sup>4</sup> inkl. Seggen (*Bulbostylis* spp.)

Tab. A6.22 Vergleich der Anzahl wichtiger Seggenarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Bulbostylis</i> spp.	Juni	hoch	-	0	0,016
		spärlich	7	1,00	
		gesamt	7	1,00	
	August	hoch	-	0	0,008
		spärlich	8	1,00	
		gesamt	8	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	15	1,00	
		gesamt	15	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Tab. A6.23 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Juni	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	15	1,00	
		gesamt	15	1,00	
	August	hoch	-	0	0,063 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	5	1,00	
		gesamt	5	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	1	0,05	< 0,0001
		spärlich	20	0,95	
		gesamt	21	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19



Fortsetzg. Tab. A6.23 Anzahl wichtiger Kräuterarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Amaranthus</i> spp.	Juni	hoch	32	0,65	0,044
		spärlich	17	0,35	
		gesamt	49	1,00	
	August	hoch	3	1,00	n.s.
		spärlich	-	0	
		gesamt	3	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	35	0,67	0,018
		spärlich	17	0,33	
		gesamt	52	1,00	
<i>Commelina</i> spp.	August	hoch	3	1,00	n.s.
		spärlich	-	0	
		gesamt	3	1,00	
<i>Senna obtusifolia</i>	Juni	hoch	183	0,92	< 0,0001
		spärlich	17	0,08	
		gesamt	200	1,00	
	August	hoch	130	0,91	< 0,0001
		spärlich	13	0,09	
		gesamt	143	1,00	
	Oktober	hoch	33	0,94	< 0,0001
		spärlich	2	0,06	
		gesamt	35	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	346	0,92	< 0,0001
		spärlich	32	0,08	
		gesamt	378	1,00	
<i>Spermacoce octodon</i>	Juni	hoch	27	0,71	0,014
		spärlich	11	0,29	
		gesamt	38	1,00	
	August	hoch	6	0,46	n.s.
		spärlich	7	0,54	
		gesamt	13	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	33	0,65	0,049
		spärlich	18	0,35	
		gesamt	51	1,00	
<i>Urena lobata</i>	Juni	hoch	6	1,00	0,031
		spärlich	-	0	
		gesamt	6	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.23 Anzahl wichtiger Kräuterarten in der geschützten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Zornia glochidiata</i>	Juni	hoch	60	0,24	< 0,0001
		spärlich	188	0,76	
		gesamt	248	1,00	
	August	hoch	60	0,31	< 0,0001
		spärlich	133	0,69	
		gesamt	193	1,00	
	Oktober	hoch	50	0,68	0,020
		spärlich	23	0,32	
		gesamt	73	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	170	0,33	< 0,0001
		spärlich	344	0,67	
		gesamt	514	1,00	
Kräuter gesamt (ohne <i>S. obtusifolia</i> )	$\bar{x}$	hoch	248	0,38	< 0,0001
		spärlich	399	0,62	
		gesamt	647	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Tab. A6.24 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Andropogon gayanus</i>	Juni	hoch	-	0	0,125 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	4	1,00	
		gesamt	4	1,00	
	August	hoch	5	1,00	0,063 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	-	0	
		gesamt	5	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	5	0,56	n.s.
		spärlich	4	0,44	
		gesamt	9	1,00	
<i>Aristida</i> spp.	Juni	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	19	1,00	
		gesamt	19	1,00	
	August	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	24	1,00	
		gesamt	24	1,00	
	Oktober	hoch	-	0	0,002
		spärlich	10	1,00	
		gesamt	10	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.24 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Aristida</i> spp.	$\bar{x}$	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	53	1,00	
		gesamt	53	1,00	
<i>Brachiaria</i> spp.	Juni	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	83	1,00	
		gesamt	83	1,00	
	August	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	47	1,00	
		gesamt	47	1,00	
	Oktober	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	16	1,00	
		gesamt	16	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	146	1,00	
		gesamt	146	1,00	
<i>Cenchrus biflorus</i>	Juni	hoch	2	0,29	n.s.
		spärlich	5	0,71	
		gesamt	7	1,00	
	August	hoch	12	0,86	0,013
		spärlich	2	0,14	
		gesamt	14	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	14	0,67	0,189 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	7	0,33	
		gesamt	21	1,00	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Juni	hoch	29	0,66	0,049
		spärlich	15	0,34	
		gesamt	44	1,00	
	August	hoch	1	0,02	< 0,0001
		spärlich	48	0,98	
		gesamt	49	1,00	
	Oktober	hoch	24	0,60	n.s.
		spärlich	16	0,40	
		gesamt	40	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	54	0,41	0,037
		spärlich	79	0,59	
		gesamt	133	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.24 Vergleich der Anzahl wichtiger Gräserarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Digitaria debilis</i>	August	hoch	10	1,00	0,002
		spärlich	-	0	
		gesamt	10	1,00	
	Oktober	hoch	5	1,00	0,063 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	-	0	
		gesamt	5	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	15	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	15	1,00	
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Juni	hoch	38	0,76	< 0,0001
		spärlich	12	0,24	
		gesamt	50	1,00	
	August	hoch	8	0,62	n.s.
		spärlich	5	0,38	
		gesamt	13	1,00	
	Oktober	hoch	20	0,95	< 0,0001
		spärlich	1	0,05	
		gesamt	21	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	66	0,79	< 0,0001
		spärlich	18	0,21	
		gesamt	84	1,00	
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Oktober	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	28	1,00	
		gesamt	28	1,00	
Gräser gesamt	$\bar{x}$	hoch	154	0,31	< 0,0001
		spärlich	335	0,69	
		gesamt	489	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Tab. A6.25 Vergleich der Anzahl wichtiger Kräuterarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5; 0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Juni	hoch	7	0,78	0,180 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	2	0,22	
		gesamt	9	1,00	
	August	hoch	13	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	13	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.25 Anzahl wichtiger Kräuterarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Oktober	hoch	3	1,00	n.s.
		spärlich	-	0	
		gesamt	3	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	23	0,92	< 0,0001
		spärlich	2	0,08	
		gesamt	25	1,00	
<i>Commelina</i> spp.	Juni	hoch	37	0,88	< 0,0001
		spärlich	5	0,12	
		gesamt	42	1,00	
	August	hoch	27	0,77	0,002
		spärlich	8	0,33	
		gesamt	35	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	64	0,82	< 0,0001
		spärlich	14	0,18	
		gesamt	78	1,00	
<i>Senna obtusifolia</i>	Juni	hoch	123	0,98	< 0,0001
		spärlich	3	0,02	
		gesamt	126	1,00	
	August	hoch	52	0,95	< 0,0001
		spärlich	3	0,05	
		gesamt	55	1,00	
	Oktober	hoch	31	0,94	< 0,0001
		spärlich	2	0,06	
		gesamt	33	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	206	0,96	< 0,0001
		spärlich	8	0,04	
		gesamt	214	1,00	
<i>Sida cordifolia</i>	Juni	hoch	5	1,00	0,016
		spärlich	-	0	
		gesamt	5	1,00	
	August	hoch	7	1,00	0,063 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	-	0	
		gesamt	7	1,00	
	Oktober	hoch	14	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	14	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.25 Anzahl wichtiger Kräuterarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test (n = 5; 0,25 m<sup>2</sup>)

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Sida cordifolia</i>	$\bar{x}$	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	26	1,00	
		gesamt	26	1,00	
<i>Spermacoce octodon</i>	Juni	hoch	-	0	< 0,0001
		spärlich	52	1,00	
		gesamt	52	1,00	
	August	hoch	-	0	0,001
		spärlich	18	1,00	
		gesamt	18	1,00	
	Oktober	hoch	3	0,30	n.s.
		spärlich	7	0,70	
		gesamt	10	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	3	0,04	< 0,0001
		spärlich	77	0,96	
		gesamt	80	1,00	
<i>Urena lobata</i>	Juni	hoch	4	1,00	0,125 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	-	0	
		gesamt	4	1,00	
	August	hoch	14	1,00	< 0,0001
		spärlich	-	0	
		gesamt	14	1,00	
	Oktober	hoch	7	1,00	0,016 <sup>n.s.</sup>
		spärlich	-	0	
		gesamt	7	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	25	0	< 0,0001
		spärlich	-	1,00	
		gesamt	25	1,00	
<i>Zornia glochidiata</i>	Juni	hoch	39	0,20	< 0,0001
		spärlich	161	0,80	
		gesamt	200	1,00	
	August	hoch	30	0,25	< 0,0001
		spärlich	92	0,75	
		gesamt	122	1,00	
	Oktober	hoch	40	0,50	n.s.
		spärlich	40	0,50	
		gesamt	80	1,00	
	$\bar{x}$	hoch	109	0,27	< 0,0001
		spärlich	293	0,73	
		gesamt	402	1,00	

<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19

Fortsetzg. Tab. A6.25 Anzahl wichtiger Kräuterarten in der kultivierten Savanne in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte im Binomial-Test ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ )

Art	Monat <sup>1</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>2</sup>	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
Kräuter gesamt	$\bar{x}$	hoch	250	0,39	< 0,0001
(ohne <i>S. obtusifolia</i> )		spärlich	386	0,61	
<sup>1-3</sup> Erläuterung cf. Tab. A6.19		gesamt	636	1,00	

Tab. A6.26 Vergleich der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte ( $n = 5$ ;  $0,25 \text{ m}^2$ ) im Mittel der drei Weideökotypen Juni - Oktober 1996 im Binomial-Test

Krautschicht	<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	n	beob. <sup>3</sup> Anteil	Signifikanz
<i>Senna obtusifolia</i>	hoch	978	0,86	< 0,0001
	spärlich	154	0,14	
	gesamt	1132	1,00	
Gräser	hoch	539	0,33	< 0,0001
	spärlich	1072	0,67	
	gesamt	1611	1,00	
Kräuter ohne <i>S. obtusifolia</i> Erläuterung cf. Tab. A6.19	hoch	698	0,39	< 0,0001
	spärlich	1088	0,61	
	gesamt	1786	1,00	

Tab. A6.27 Bodenbedeckung, Biodiversität der Krautschicht und *Senna obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit von Weideökotyp und Verunkrautung (Monatsmittel) im Mittelwertvergleich

Faktor	<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	Test	WÖT	Signifikanz
Bodenbedeckung [%] <sup>1</sup>	hoch	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	spärlich	Median	OS vs. GS	< 0,0001
		Median	OS vs. KS	< 0,0001
		Median	GS vs. KS	n.s.
	$\bar{x}$	Median	$\bar{x}$	0,099 <sup>n.s.</sup>
Gräserartenzahl	$\bar{x}$	Median	$\bar{x}$	0,129 <sup>n.s.</sup>
Kräuterartenzahl <sup>2</sup>	$\bar{x}$	Median	$\bar{x}$	n.s.
Artenzahl, gesamt	$\bar{x}$	Median	$\bar{x}$	n.s.
Gräseranzahl (Individuen)	hoch	Median	OS vs. GS	0,025 <sup>n.s.3</sup>
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	spärlich	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	<sup>1-3</sup> Erläuterungen cf. Tabellenende	Median	GS vs. KS	n.s.

Fortsetzg. Tab. A6.27 Bodenbedeckung, Biodiversität der Krautschicht und *Senna obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit von Weideökotyp und Verunkrautung im Mittelwertvergleich

Faktor	<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	Test	WÖT	Signifikanz
Gräseranzahl (Individuen)	$\bar{x}$	LSD	OS vs. GS	0,007
		LSD	OS vs. KS	n.s.
		LSD	GS vs. KS	0,008
Kräuteranzahl <sup>2</sup> (Individuen)	hoch	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	spärlich	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	$\bar{x}$	Tukey	OS vs. GS	0,169 <sup>n.s.</sup>
		Tukey	OS vs. KS	0,088 <sup>n.s.</sup>
		Tukey	GS vs. KS	n.s.
Krautschicht, gesamt <sup>4</sup>	$\bar{x}$	Median	$\bar{x}$	0,061 <sup>n.s.3</sup>
<i>S. obtusifolia</i> -Anzahl (Verunkrautungsgrad)	hoch	Tukey	OS vs. GS	n.s.
		Tukey	OS vs. KS	0,005
		LSD	GS vs. KS	0,041
	spärlich	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	0,050 <sup>n.s.3</sup>
		Median	GS vs. KS	n.s.
	$\bar{x}$	Median	OS vs. GS	0,020 <sup>n.s.3</sup>
		Median	OS vs. KS	0,039 <sup>n.s.3</sup>
		Median	GS vs. KS	n.s.

<sup>1</sup> mit; <sup>2</sup> ohne *S. obtusifolia*; <sup>3</sup> nach Shaffer-Korrektur n.s.; <sup>4</sup> IndividuenTab. A6.28 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *S. obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht über eine Vegetationsperiode (Juni, August, Oktober 1996, n = 15)

Monat	Art* ( $\bar{x}$ WÖT)	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch $\rho_s$	Signifikanz <sup>2</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich $\rho_s$	Signifikanz
06	<i>A. gayanus</i>	- <sup>3</sup>	-	- 0,344	n.s.
08 <sup>4</sup>		- 0,566	0,028	-	-
06	<i>Aristida</i> spp.	-	-	0,133	n.s.
08		0,186	n.s.	- 0,109	n.s.
06	<i>Brachiaria</i> spp.	0,595	0,019	0,586	0,022
08		0,805	0,0001	- 0,168	n.s.
10		- 0,003	n.s.	0,210	n.s.

\* cf. Tab. A6.13ff; <sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig; <sup>3</sup> keine Pflanzen dieser Art im Zählquadrat



Fortsetzg. Tab. A6.28 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *S. obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht (Juni, August, Oktober 1996, n = 15)

Monat	Art* ( $\bar{x}$ wört)	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch $\rho_s$	Signifikanz <sup>2</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich $\rho_s$	Signifikanz
06	<i>C. biflorus</i>	0,122	n.s.	- 0,344	n.s.
08		- 0,805	0,0001	0,180	n.s.
10		0,791	0,0001	-	-
06	<i>D. aegyptium</i>	- 0,394	0,146 <sup>n.s.</sup>	- 0,323	n.s.
08		- 0,010	n.s.	- 0,406	0,133 <sup>n.s.</sup>
10		0,038	n.s.	- 0,065	n.s.
06	<i>D. debilis</i>	0,434	0,106 <sup>n.s.</sup>	0,187	n.s.
08		- 0,382	0,160 <sup>n.s.</sup>	-	-
10		0,037	n.s.	-	-
06	<i>L. togoensis</i>	- 0,060	n.s.	0,267	n.s.
08		0,588	0,021	0,137	n.s.
10		- 0,103	n.s.	0,246	n.s.
06	<i>P. pedicellatum</i>	- 0,468	0,079 <sup>n.s.</sup>	- 0,661	0,016
08		- 0,404	0,135 <sup>n.s.</sup>	- 0,320	n.s.
10		- 0,281	n.s.	- 0,160	n.s.
10	<i>S. gracilis</i>	- 0,066	n.s.	- 0,246	n.s.
06	<i>Bulbostylis</i> spp.	-	-	0,049	n.s.
08		-	-	- 0,350	n.s.
06	<i>A. ovalifolius</i>	0,181	n.s.	0,080	n.s.
08		- 0,571	0,026	0,473	0,075 <sup>n.s.</sup>
10		0,382	0,160 <sup>n.s.</sup>	0,176	n.s.
06	<i>Amaranthus</i> spp.	0,564	0,029	0,125	n.s.
08		0,292	n.s.	-	-
10		0,311	n.s.	-	-
06	<i>Commelina</i> spp.	- 0,164	n.s.	- 0,344	n.s.
08		- 0,741	0,002	- 0,513	0,051 <sup>n.s.</sup>
10		0,249	n.s.	0,559	0,030
06	<i>S. cordifolia</i>	- 0,330	n.s.	- <sup>3</sup>	-
08		- 0,635	0,011	-	-
10		0,148	n.s.	- 0,160	n.s.
06	<i>S. rhombifolia</i>	0,248	n.s.	-	-
08		0,123	n.s.	-	-
10		0,519	0,047	-	-
06	<i>S. octodon</i>	0,255	n.s.	- 0,397	0,142 <sup>n.s.</sup>
08		0,282	n.s.	- 0,345	n.s.
10		- 0,311	n.s.	- 0,086	n.s.

\* cf. Tab. A6.13ff; <sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig; <sup>3</sup> keine Pflanzen dieser Art im Zählquadrat

Fortsetzg. Tab. A6.28 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *S. obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht (Juni, August, Oktober 1996, n = 15)

Monat	Art* ( $\bar{x}$ WÖT)	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch $\rho_s$	Signifikanz <sup>2</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich $\rho_s$	Signifikanz
06	<i>U. lobata</i>	- 0,327	n.s.	-	-
08		- 0,744	0,001	-	-
10		- 0,306	n.s.	-	-
06	<i>Z. glochidiata</i>	- 0,458	0,086 <sup>n.s.</sup>	- 0,262	n.s.
08		0,325	n.s.	0,447	0,095 <sup>n.s.</sup>
10		- 0,198	n.s.	0,119	n.s.

\* cf. Tab. A6.13ff; <sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig; <sup>3</sup> keine Pflanzen dieser Art im Zählquadrat

Tab. A6.29 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht in drei Weideökotypen 1996 (n = 15)

WÖT	Art* ( $\bar{x}$ Monat)	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch $\rho_s$	Signifikanz <sup>2</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich $\rho_s$	Signifikanz
KS <sup>3</sup>	<i>A. gayanus</i>	0,012	n.s.	- 0,185	n.s.
OS	<i>Aristida</i> spp.	0,124	n.s.	0,466	0,080 <sup>n.s.</sup>
KS		- <sup>4</sup>	-	- 0,244	n.s.
OS	<i>Brachiaria</i> spp.	0,458	0,086 <sup>n.s.</sup>	0,844	0,0001
GS		- 0,038	n.s.	0,438	0,102 <sup>n.s.</sup>
KS		-	-	0,034	n.s.
OS	<i>C. biflorus</i>	- 0,515	0,049	0,094	n.s.
KS		0,192	n.s.	0,058	n.s.
OS	<i>D. aegyptium</i>	- 0,363	0,183 <sup>n.s.</sup>	- 0,058	n.s.
GS		- 0,363	0,183 <sup>n.s.</sup>	- 0,116	n.s.
KS		0,050	n.s.	0,032	n.s.
OS	<i>D. debilis</i>	- 0,108	n.s.	0,188	n.s.
KS		- 0,385	0,156 <sup>n.s.</sup>	0,032	n.s.
OS	<i>L. togoensis</i>	- 0,093	n.s.	0,467	0,080 <sup>n.s.</sup>
GS		0,011	n.s.	0,235	n.s.
OS	<i>P. pedicellatum</i>	- 0,100	n.s.	-	-
GS		0,693	0,004	-	-
KS		0,176	n.s.	- 0,119	n.s.
OS	<i>S. gracilis</i>	- 0,249	n.s.	- 0,795	0,0001
GS		- 0,495	0,060 <sup>n.s.</sup>	- 0,427	0,113 <sup>n.s.</sup>
KS		- <sup>3</sup>	-	- 0,153	n.s.
OS	<i>Bulbostylis</i> spp.	-	-	0,251	n.s.
GS		-	-	0,270	n.s.

\* cf. Tab. A6.13ff; <sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig; <sup>3-4</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlendem WÖT/Zählquadrat

Fortsetzg. Tab. A6.29 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für *Senna obtusifolia* in Abhängigkeit der Krautschicht in drei Weideökotypen 1996 (n = 15)

WÖT	Art* ( $\bar{x}$ Monat)	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch $\rho_s$	Signifikanz <sup>2</sup>	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich $\rho_s$	Signifikanz
OS	<i>A. ovalifolius</i>	- 0,549	0,034	0,070	n.s.
GS		- 0,433	0,107 <sup>n.s.</sup>	0,469	0,078 <sup>n.s.</sup>
KS		0,003	n.s.	- 0,185	n.s.
OS	<i>Amaranthus</i> spp.	0,565	0,028	-	-
GS <sup>4</sup>		0,541	0,037	0,446	0,096 <sup>n.s.</sup>
OS	<i>Commelina</i> spp.	0,442	0,099 <sup>n.s.</sup>	-	-
GS		- 0,109	n.s.	-	-
KS		0,668	0,007	- 0,132	n.s.
OS	<i>S. cordifolia</i>	- 0,677	0,006	- 0,345	n.s.
KS		- 0,358	0,190 <sup>n.s.</sup>	-	-
OS	<i>S. rhombifolia</i>	- 0,110	n.s.	-	-
OS	<i>S. octodon</i>	0,418	0,121 <sup>n.s.</sup>	0,137	n.s.
GS		0,688	0,005	0,481	0,069 <sup>n.s.</sup>
KS		- 0,404	0,136 <sup>n.s.</sup>	0,008	n.s.
GS	<i>U. lobata</i>	0,542	0,037	-	-
KS		- 0,239	n.s.	-	-
OS	<i>Z. glochidiata</i>	- 0,634	0,011	0,695	0,004
GS		0,129	n.s.	0,616	0,015
KS		- 0,086	n.s.	0,164	n.s.

\* cf. Tab. A6.13ff; <sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig; <sup>3-4</sup> keine Pflanzen dieser Art in fehlendem WÖT/Zählquadrat

Tab. A6.30 Kovarianzanalyse für die *S. obtusifolia*-Anzahl in hoch verunkrauteten Flächen verglichen mit der Anzahl der Gräser und Kräuter insgesamt (Erläuterung cf. Tab. A6.31)

A) Test der Zwischensubjekteffekte: (Varianzanalyse)

Effekt	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Gräser	2,976	1	2,976	9,424	0,0038
Kräuter	2,523	1	2,523	7,988	0,0073
WÖT	7,596	2	3,789	12,025	< 0,0001
Fehler	12,633	40	0,316		
gesamt	25,728	44			

B) Parameterschätzer

Parameter	B <sup>1</sup>	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Gräser	0,039	0,013	3,070	0,0038
Kräuter	0,027	0,010	2,826	0,0073
OS	1,035	0,217	4,762	< 0,0001
GS	0,197	0,230	0,860	n.s.
KS	0 <sup>2</sup>			

Tab. A6.31 Kovarianzanalyse für die *Senna obtusifolia*-Anzahl in gering verunkrauteten Flächen verglichen mit der Anzahl der Gräser und Kräuter insgesamt

A) Test der Zwischensubjekteffekte: (Varianzanalyse)

Effekt	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Gräser	28,383	1	28,383	7,559	0,0089
Kräuter	58,554	1	58,554	15,594	0,0003
WÖT	72,043	2	36,022	9,593	0,0003
Fehler	150,199	40	3,755		
gesamt	309,179	44			

B) Parameterschätzer

Parameter	B <sup>1</sup>	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Gräser	0,058	0,021	2,749	0,0089
Kräuter	0,069	0,017	3,949	0,0003
OS	3,111	0,720	4,320	0,0001
GS	1,078	0,718	1,502	n.s.
KS	0 <sup>2</sup>			

Tab. A6.30-A6.31: <sup>1</sup> Modellparameter; <sup>2</sup> Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant (cf. HARTUNG *et al.* 1989: 760) ist.

Tab. A6.32 Wuchshöhen der Krautschicht [cm] in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen im Mittelwertvergleich

WÖT	Monat	n	Test	Signifikanz
OS	Juni	5	<i>t</i> -Test	0,001
	August	5	<i>t</i> -Test	0,002
	Oktober	5	<i>t</i> -Test	n.s.
	$\bar{x}$	15	Kruskal-Wallis	< 0,0001
GS	Juni	5	<i>t</i> -Test	0,002
	August	5	<i>t</i> -Test	0,001
	Oktober	5	<i>t</i> -Test	0,159 <sup>n.s.</sup>
	$\bar{x}$	15	Kruskal-Wallis	n.s.
KS	Juni	5	<i>t</i> -Test	0,015
	August	5	Median	0,008
	Oktober	5	Median	n.s.
	$\bar{x}$	15	Median	0,143 <sup>n.s.</sup>
WÖT	$\bar{x}$	45	Median	0,006

Tab. A6.33 Wuchshöhen von *Senna obtusifolia* [cm] in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen im Mittelwertvergleich

WÖT	Monat	n	Test	Signifikanz
OS	Juni	5	Median	0,008
	August	5	Median	0,008
	Oktober <sup>1</sup>	5	Kruskal-Wallis	0,120 <sup>n.s.</sup>
	$\bar{x}$	15	Median	< 0,0001
GS	Juni	5	<i>t</i> -Test	< 0,0001
	August <sup>2</sup>	5	Median	0,143 <sup>n.s.</sup>
	Oktober	5	Median	n.s.
	$\bar{x}$	15	Median	0,041
KS	Juni	5	<i>t</i> -Test	0,001
	August	5	<i>t</i> -Test	< 0,0001
	Oktober	5	<i>t</i> -Test	0,001
	$\bar{x}$	15	Median	0,033
WÖT	$\bar{x}$	45	Median	< 0,0001

<sup>1</sup> lt. *t*-Test signifikant ( $p < 0,0001$ ), da nicht normalverteilt: n.s. (nach Kruskal-Wallis-Test)<sup>2</sup> lt. *t*-Test signifikant ( $p < 0,0001$ ), da nicht normalverteilt: n.s. (nach Median-Test)

Tab. A6.34 Wuchshöhen der Krautschicht und *Senna obtusifolia* [cm] in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte in Abhängigkeit vom Weideökotyp im Mittelwertvergleich

Parameter	<i>S. obt.</i> -Dichte	Test	WÖT	Signifikanz
Krautschicht	hoch (n = 5)	Games-Howell	OS vs. GS	n.s.
		Games-Howell	OS vs. KS	0,022
		Games-Howell	GS vs. KS	0,068 <sup>n.s.</sup>
	spärlich (n = 5)	Kruskal-Wallis	OS vs. GS	0,025
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	$\bar{x}$ (n = 10)	Games-Howell	OS vs. GS	0,029
		Games-Howell	OS vs. KS	0,0003
		Games-Howell	GS vs. KS	0,069 <sup>n.s.</sup>
<i>Senna obtusifolia</i>	hoch (n = 5)	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	0,008
	spärlich (n = 5)	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.
	$\bar{x}$ (n = 10)	Median	OS vs. GS	n.s.
		Median	OS vs. KS	n.s.
		Median	GS vs. KS	n.s.

Tab. A6.35 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizienten ( $\rho_s$ ) für die Wuchshöhen von *S. obtusifolia* und der Krautschicht [cm] in drei Weideökotypen über die Vegetationsperiode 1996

WÖT	Monat	n	<i>S. obt.</i> -Dichte <sup>1</sup> hoch $\rho_s$	Signifikanz <sup>2</sup>	n	<i>S. obt.</i> -Dichte spärlich $\rho_s$	Signifikanz
OS	Juni	5	0,783	0,118 <sup>n.s.</sup>	5	0,154	n.s.
	August	5	0,671		5	- 0,671	n.s.
	Oktober	5	0,671		1	-	-
GS	Juni	5	0,205		5	0,821	0,089 <sup>n.s.</sup>
	August	5	0,154		3	- 0,866	n.s.
	Oktober	5	- 0,671		2	- 1,000	n.s.
KS	Juni	5	- 0,500	n.s.	1	-	-
	August	5	0,975	0,005	3	- 0,500	n.s.
	Oktober	5	0,791	0,111 <sup>n.s.</sup>	1	-	-

<sup>1</sup> *S. obtusifolia*; <sup>2</sup> 2-seitig

Tab. A6.36 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der offenen Savanne im Juni und August im Median-Test (n = 5)

Monat	<i>S. obtusifolia</i> -Dichte			Median		Signifikanz
Juni	hoch	5	0	75,0	> Median	0,008
	spärlich	0	5		< Median	
August	hoch	5	0	57,5	> Median	0,008
	spärlich	0	5		< Median	

<sup>1</sup> inkl. *S. obtusifolia*; Im Oktober sind sämtliche Werte 25%, so dass sich ein Test erübrigt.

Tab. A6.37 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der geschützten Savanne im Juni und August im *t*-Test für unabhängige Stichproben (n = 5)

Monat	<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	Mittelwert	Standardfehler	T-Wert	FG	Signifikanz
Juni	hoch	92	2,55	2,33	8	0,048
	spärlich	85	1,58			
August	hoch	90	2,24	3,16	8	0,013
	spärlich	80	2,24			

<sup>1</sup> inkl. *S. obtusifolia*

Tab. A6.38 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *S. obtusifolia*-Dichte in der geschützten Savanne im Oktober im exakten Test nach Fisher (n = 5)

<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	50%	75%	Signifikanz
hoch	1	4	n.s.
spärlich	3	2	

<sup>1</sup> inkl. *S. obtusifolia*

Tab. A6.39 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der kultivierten Savanne im Juni und August im Einstichproben *t*-Test (n = 5)

Monat	<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	Mittelwert	Standardfehler	T-Wert	FG	Signifikanz
Juni	hoch	100	0	- 5,88	4	0,004
	spärlich	89	1,87			
August	hoch	100	0			0,001
	spärlich	84	1,87	- 8,55	4	

<sup>1</sup> inkl. *S. obtusifolia*

Tab. A6.40 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in der kultivierten Savanne im Oktober im exakten Test nach Fisher (n = 5)

<i>S. obtusifolia</i> -Dichte	50%	75%	Signifikanz
hoch	3	2	n.s.
spärlich	2	3	

<sup>1</sup> inkl. *S. obtusifolia*

Tab. A6.41 Vergleich des Bodenbedeckungsgrads<sup>1</sup> der Krautschicht in Flächen mit unterschiedlicher *Senna obtusifolia*-Dichte in drei Weideökotypen im Median-Test

WÖT	hoch	spärlich	Median		Signifikanz
OS	10	3	25,00	> Median	0,025
n = 30	5	12		< Median	
GS	7	1	85,00	> Median	0,035
n = 30	8	14		< Median	
KS	10	4	85,00	> Median	0,066 <sup>n.s.</sup>
n = 30	5	11		< Median	
WÖT	30	14	80,00	> Median	0,0007
n = 90	15	31		< Median	

<sup>1</sup> inkl. *S. obtusifolia*

Tab. A6.42 Mittlerer Bodenbedeckungsgrad von *Senna obtusifolia* [%] nach Daubenmire in drei Weideökotypen (0,25 m<sup>2</sup>; n = 20) im Verlauf einer Vegetationszeit (1996)

WÖT	Juni	Juli	August	September	Oktober	$\bar{x} \pm \text{SF}$
OS	45,7	43,8	59,0	71,3	21,8	48,3 ± 8,28
GS	11,5	6,8	6,1	6,9	4,4	7,1 ± 1,18
KS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$\bar{x}$	19,9	17,7	22,5	26,9	9,6	19,3



Tab. A7.1 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der offenen Savanne 1993-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

Test	Termin	Jäten <sup>1</sup>	Schnitt	$\bar{x}_B$	Kontrolle <sup>2</sup>
Tukey	06.94	6,00 ± 2,02	5,20 ± 0,97	5,60 ± 0,40	6,70 ± 2,40
	06.95	12,60 <sup>a</sup> ± 4,51	7,60 <sup>a</sup> ± 3,70	10,10 ± 2,25	34,33 <sup>b</sup> ± 3,48
	08.95	2,00 ± 0,89	-	1,00 ± 1,00	-
	10.95	-	0,20 ± 0,20	0,10 ± 0,10	-
	06.96	1,20 ± 0,58	1,00 ± 0,32	1,10 ± 0,10	1,33 ± 0,33

<sup>1</sup> Jäte- und Schnittvariante je n = 5; <sup>2</sup> Kontrolle, n = 3; fehlende Monate keine Keimlinge; Mittelwert in den **Zeilen** mit den selben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander

Tab. A7.2 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der offenen Savanne 1993-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

Test	Termin	Jäten <sup>1</sup>	Schnitt	$\bar{x}_B$	Kontrolle <sup>2</sup>
Tukey	10.93	15,40 ± 0,60	15,60 ± 2,46	15,50 ± 0,10	14,00 ± 1,53
	06.94	51,80 ± 4,51	46,40 ± 7,28	49,10 ± 2,70	64,67 ± 4,33
	08.94	24,60 <sup>a</sup> ± 3,59	13,80 <sup>a</sup> ± 2,65	19,20 ± 5,40	49,67 <sup>b</sup> ± 0,67
	10.94	17,80 ± 1,98	13,20 ± 2,22	15,50 ± 2,30	20,33 ± 2,73
Tukey	06.95	17,20 <sup>a</sup> ± 2,91	11,60 <sup>a</sup> ± 2,91	14,40 ± 2,80	32,67 <sup>b</sup> ± 3,18
	08.95	4,20 ± 0,86	7,40 ± 4,45	5,80 ± 1,60	18,33 ± 8,76
Tukey	10.95	2,60 <sup>a</sup> ± 0,24	4,20 <sup>a</sup> ± 1,85	3,40 ± 0,80	13,67 <sup>b</sup> ± 1,67
	06.96	25,40 ± 2,58	27,40 ± 1,96	26,40 ± 1,00	38,00 ± 2,08
	08.96	21,80 ± 4,02	15,60 ± 4,64	18,70 ± 3,10	29,00 ± 2,65
	10.96	19,60 ± 4,20	13,20 ± 5,57	16,40 ± 3,20	28,00 ± 3,06

Erläuterung cf. Tab. A7.1

Tab. A7.3 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der geschützten Savanne 1993-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

	Termin	Jäten <sup>1</sup>	Schnitt	$\bar{x}_B$	Kontrolle <sup>2</sup>
	06.94	1,80 ± 0,86	2,20 ± 0,92	2,00 ± 0,20	-
	06.95	1,20 ± 0,58	2,00 ± 0,84	1,60 ± 0,40	3,00 ± 1,00
	08.95	0,20 ± 0,20	0,60 ± 0,24	0,40 ± 0,20	1,33 ± 1,33
	06.96	0,40 ± 0,24	0,60 ± 0,40	0,50 ± 0,10	0,67 ± 0,33

Erläuterung cf. Tab. A7.1; fehlende Monate keine Keimpflanzen

Tab. A7.4 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der geschützten Savanne 1993-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

Test	Termin	Jäten <sup>1</sup>	Schnitt	$\bar{x}_B$	Kontrolle <sup>2</sup>
Tukey D-T3 <sup>3</sup>	10.93	4,50 ± 0,63	5,60 ± 0,37	5,05 ± 0,55	5,17 ± 0,44
	06.94	20,40 ± 6,52	45,40 ± 8,22	32,90 ± 12,50	45,33 ± 3,67
	08.94	5,00 ± 1,58	5,60 ± 1,89	5,30 ± 0,30	1,67 ± 0,67
	10.94	4,80 <sup>a</sup> ± 1,16	5,00 <sup>ab</sup> ± 1,14	4,90 ± 0,10	10,33 <sup>b</sup> ± 1,86
	06.95	5,00 <sup>a</sup> ± 2,49	8,60 <sup>ab</sup> ± 3,92	6,80 ± 1,80	15,00 <sup>b</sup> ± 1,73
	08.95	4,40 ± 1,25	4,00 ± 0,95	4,20 ± 0,20	4,00 ± 0,58
	10.95	1,20 ± 0,73	2,80 ± 1,07	2,00 ± 0,80	1,67 ± 0,33
Tukey D-T3	06.96	9,00 ± 1,64	8,80 ± 3,77	8,90 ± 0,10	15,33 ± 2,60
	08.96	4,00 <sup>a</sup> ± 1,34	6,40 <sup>a</sup> ± 1,86	5,20 ± 1,20	16,67 <sup>b</sup> ± 0,88
	10.96	5,80 <sup>a</sup> ± 1,02	11,00 <sup>ab</sup> ± 2,63	8,40 ± 2,60	19,33 <sup>b</sup> ± 0,67

Erläuterung cf. Tab. A7.1; <sup>3</sup> Dunnett T3-TestTab. A7.5 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der kultivierten Savanne 1993-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

	Termin	Jäten <sup>1</sup>	Schnitt	$\bar{x}_B$	Kontrolle <sup>2</sup>
	06.94	-	-	-	0,008 ± 0,008
	06.95	-	1,00 ± 0,63	0,50 ± 0,50	3,00 ± 1,00
	08.95	0,60 ± 0,60	-	0,30 ± 0,30	-
	06.96	0,40 ± 0,24	0,60 ± 0,40	0,50 ± 0,10	0,67 ± 0,33
	08.96	-	0,40 ± 0,40	0,20 ± 0,20	-

Erläuterung cf. Tab. A7.1; fehlende Monate keine Keimpflanzen

Tab. A7.6 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen des Vorversuchs in der kultivierten Savanne 1993-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

Test	Termin	Jäten <sup>1</sup>	Schnitt	$\bar{x}_B$	Kontrolle <sup>2</sup>
Dunnett	10.93	0,45 ± 0,01	0,75 ± 0,21	0,60 ± 0,15	0,58 ± 0,17
	06.94	1,80 ± 0,87	2,40 ± 0,74	2,10 ± 0,30	2,92 ± 1,04
	08.94	2,60 ± 1,40	1,60 ± 0,75	2,10 ± 0,50	2,67 ± 0,75
	10.94	1,80* ± 0,58	1,80* ± 0,58	1,80 ± 0,00	4,33 ± 0,88
	06.95	3,00 ± 1,14	3,40 ± 1,03	3,20 ± 0,20	3,67 ± 1,76
	08.95	1,60 ± 0,87	1,20 ± 0,49	1,40 ± 0,20	1,33 ± 0,33
	10.95	3,00 ± 0,55	5,00 ± 1,61	4,00 ± 1,00	6,33 ± 1,20
Tukey	06.96	3,60 ± 0,51	4,40 ± 0,60	4,00 ± 0,40	9,67 ± 2,40
	08.96	3,60 <sup>a</sup> ± 0,68	3,80 <sup>a</sup> ± 0,80	3,70 ± 0,10	9,33 <sup>b</sup> ± 1,20
	10.96	5,00 <sup>a</sup> ± 1,05	4,20 <sup>a</sup> ± 1,50	4,60 ± 0,40	11,67 <sup>b</sup> ± 2,03

Erläuterung cf. Tab. A7.1; Mittelwert in den **Zeilen** mit \* unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle

Tab. A7.7 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Juni 1995<sup>3</sup> mittels Tukey-Test

Methode	Jätevariante <sup>1</sup>	Kontrolle <sup>2</sup>
Jätevariante		0,016
Schnittvariante	n.s.	0,005

Erläuterung cf. Tab. A7.1; <sup>3</sup> fehlende Monate weisen auf Verletzung statistischer Voraussetzungen hin

Tab. A7.8 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>] mittels Mehrfachvergleichen

Termin	Methode	Jätevariante <sup>1</sup>	Kontrolle <sup>2</sup>
August 1994	Jätevariante		0,001
	Schnittvariante	n.s.	< 0,0001
Juni 1995	Jätevariante		0,018
	Schnittvariante	n.s.	0,003
Oktober 1995	Jätevariante		0,001
	Schnittvariante	n.s.	0,003

Erläuterung cf. Tab. A7.1; fehlende Monate n.s.

Tab. A7.9 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>]<sup>1</sup> mittels Mehrfachvergleichen

Termin	Methode	Jätevariante <sup>1</sup>	Kontrolle <sup>2</sup>
Oktober 1994	Jätevariante		0,046
Juni 1995	Jätevariante		0,044
August 1996	Jätevariante		0,001
	Schnittvariante	n.s.	0,004
Oktober 1996	Jätevariante		< 0,0001
	Schnittvariante	n.s.	< 0,0001

Erläuterung cf. Tab. A7.1; fehlende Monate bzw. Variante n.s.

Tab. A7.10 Vergleich der Anzahl von *S. obtusifolia*-Pflanzen in der kultivierten Savanne im Vorversuch [0,25 m<sup>2</sup>]<sup>1</sup> mittels Mehrfachvergleichen; Erläuterung cf. Tab. A7.1; fehlender Monate n.s.

Termin	Methode	Jätevariante <sup>1</sup>	Kontrolle <sup>2</sup>
Oktober 1994	Jätevariante		0,048
	Schnittvariante	n.s.	0,048
August 1996	Jätevariante		0,003
	Schnittvariante	n.s.	0,004
Oktober 1996	Jätevariante		0,032
	Schnittvariante	n.s.	0,018

Tab. A7.11 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der offenen Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Jäten	1 vs. 2	0,0008
	2 vs. 3	< 0,0001
	1 vs. 3	< 0,0001
Schnitt	2 vs. 3	0,0002
	1 vs. 3	< 0,0001
Kontrolle	1 vs. 2	< 0,0001
	2 vs. 3	0,0015
	1 vs. 3	< 0,0001

<sup>1</sup> Termin 1: Juni 1994, Termin 2: Juni 1995, Termin 3: Juni 1996; fehlender Vergleich n.s.

Tab. A7.12 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der offenen Savanne im LSD-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Jäten	1 vs. 2	< 0,0001
	2 vs. 3	0,001
	1 vs. 3	0,028
Schnitt	1 vs. 2	< 0,0001
	2 vs. 3	0,070 <sup>n.s.</sup>
	1 vs. 3	0,002
Kontrolle	1 vs. 2	0,001
	2 vs. 3	0,002

Erläuterung cf. Tab. A7.11; fehlender Vergleich n.s.

Tab. A7.13 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der geschützten Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Jäten	2 vs. 3	0,0654 <sup>n.s.</sup>
Schnitt	2 vs. 3	0,0574 <sup>n.s.</sup>
	1 vs. 3	0,0923 <sup>n.s.</sup>
Kontrolle	1 vs. 2	0,0039
	1 vs. 3	0,0654 <sup>n.s.</sup>

Erläuterung cf. Tab. A7.11; fehlende Vergleiche n.s.

Tab. A7.14 Unterschiede in der Dichte von *S. obtusifolia*-Pflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der geschützten Savanne in Mehrfachvergleichen (Vorversuch)

Methode	Test	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Schnitt	Games-Howell	1 vs. 3	0,024
Kontrolle	LSD	1 vs. 2	0,005
		1 vs. 3	0,023

Erläuterung cf. Tab. A7.11; fehlende Methoden n.s.

Tab. A7.15 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Jäten	1 vs. 2	k.T. <sup>2</sup>
Schnitt	1 vs. 2	0,0625 <sup>n.s.</sup>
Kontrolle	1 vs. 2	< 0,0001
	2 vs. 3	0,0391 <sup>n.s.</sup>
	1 vs. 3	0,0654 <sup>n.s.</sup>

Erläuterung cf. Tab. A7.11; <sup>2</sup> kein Test (keine Keimpflanzen); fehlende Methoden n.s.

Die Ergebnisse des Tukey-Tests für die Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im Juni 1994 verglichen mit Juni 1994 und 1996 in der kultivierten Savanne (Vorversuch) ergaben keine Signifikanzen.

Tab. A7.16 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im August 1994 verglichen mit August 1995 und 1996 in der offenen Savanne im Binomial-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Jäten	1 vs. 2	0,002
	1 vs. 3	0,002

<sup>1</sup> Termin 1: August 1994, Termin 2: August 1995, Termin 3: August 1996; fehlender Vergleich n.s.

Tab. A7.17 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im August 1994 verglichen mit August 1994 und 1996 in der offenen Savanne im LSD-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Jäten	1 vs. 2	0,001
	2 vs. 3	0,001
Kontrolle	1 vs. 2	0,006
	1 vs. 3	0,033

Erläuterung cf. Tab. A7.16; fehlende Methoden n.s.

Die Ergebnisse des Binomial-Tests für die Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im August 1994 verglichen mit August 1995 und 1996 in der geschützten Savanne (Vorversuch) ergaben keine Signifikanzen.

Tab. A7.18 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im August 1993 verglichen mit August 1994-96 in der geschützten Savanne LSD-Test (Vorversuch)

Methode	Termin <sup>1</sup>	Signifikanz
Kontrolle	2 vs. 3	< 0,0001
	1 vs. 3	< 0,0001

Erläuterung cf. Tab. A7.16; fehlende Methoden n.s.

Die Ergebnisse des Binomial-Tests für die Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen im August 1994 verglichen mit August 1995 und 1996 sowie des LSD-Tests für die Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen im gleichen Zeitraum ergaben in der kultivierten Savanne (Vorversuch) keine Signifikanzen.

Tab. A7.19 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offenen Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode	Juni	Juli	August	September	Oktober
1	19,17 ± 5,50	0,67 ± 0,67	-	3,50 ± 0,50	-
2	4,83 ± 1,08	-	-	2,67 ± 1,33	-
3	4,67 ± 1,45	-	-	0,50 ± 0,22	-
4	10,33 ± 4,06	-	0,67 ± 0,67	4,67 ± 4,18	0,67 ± 0,67
5	11,50 ± 5,35	-	-	0,83 ± 0,54	-
6	6,67 ± 1,67	-	-	3,00 ± 1,03	-
7	8,50 ± 2,74	-	1,50 ± 1,50	2,17 ± 0,79	-
8	9,67 ± 3,53	-	-	1,00 ± 1,00	-
9	10,00 ± 5,03	-	-	4,00 ± 3,06	-
10	19,67 ± 7,22	-	-	0,67 ± 0,67	-
11	3,67 ± 1,45	-	-	1,00 ± 0,58	-
$\bar{x}_B$	9,88 ± 1,62	0,06 ± 0,06	0,19 ± 0,14	2,14 ± 0,46	0,06 ± 0,06
12	5,17 ± 2,20	-	0,33 ± 0,33	3,50 ± 2,25	-

1: Jätevariante 1 (Beginn d. Regenzeit, n = 6); 2: Jätevariante 2 (Maximum d. Regenzeit, n = 6); 3: Jätevariante (Beginn d. Trockenzeit, n = 6); 4: Jätevariante 4 (monatliches Jäten während d. Regenzeit, n = 3); 5: Schnittvariante 1 (Beginn d. Regenzeit, n = 6); 6: Schnittvariante 2 (Maximum d. Regenzeit, n = 6); 7: Schnittvariante 3 (Beginn d. Trockenzeit, n = 6); 8: Schnittvariante 4 (monatlicher Schnitt während d. Regenzeit, n = 3); 9: Herbizidvariante (n = 3); 10: *Andropogon gayanus* (n = 3); 11: *Pennisetum pedicellatum* (n = 3); 12: Kontrolle (n = 6); November keine Keimpflanzen

Tab. A7.20 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offenen Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode	Juni	Juli	August	September
1	15,83 ± 7,09	1,50 ± 0,76	0,17 ± 0,17	1,00 ± 0,63
2	4,83 ± 1,78	1,67 ± 0,33	0,17 ± 0,17	2,67 ± 1,61
3	8,00 ± 3,50	4,50 ± 3,13	0,17 ± 0,17	1,50 ± 0,67
4	4,33 ± 2,19	0,67 ± 0,67	2,00 ± 1,53	1,00 ± 0,58
5	12,17 ± 3,73	1,50 ± 0,34	1,17 ± 0,65	0,67 ± 0,67
6	15,67 ± 7,35	1,17 ± 0,65	0,67 ± 0,21	0,83 ± 0,65
7	12,00 ± 4,84	2,33 ± 0,61	1,33 ± 0,99	1,67 ± 1,12
8	8,00 ± 5,13	1,67 ± 0,33	0,67 ± 0,67	0,33 ± 0,33
9	4,33 ± 2,03	3,33 ± 1,20	0,67 ± 0,33	4,67 ± 2,40
10	17,00 ± 9,07	1,00 ± 0,58	0,67 ± 0,67	1,67 ± 0,88
11	9,00 ± 4,04	1,33 ± 0,67	1,00 ± 0,58	3,00 ± 3,00
$\bar{x}_B$	10,10 ± 1,43	1,88 ± 0,34	0,79 ± 0,17	1,73 ± 0,38
12	13,17 ± 5,49	1,50 ± 0,50	1,50 ± 0,96	2,17 ± 1,25

Erläuterung cf. Tab. A7.19; Oktober und November keine Keimpflanzen

Tab. A7.21 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offenen Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode	Juni	Juli	August
1	2,83 ± 0,54	0,33 ± 0,33	0,17 ± 0,17
2	3,17 ± 0,70	-	-
3	2,50 ± 0,56	0,50 ± 0,34	-
4	3,00 ± 0,58	0,67 ± 0,33	-
5	1,33 ± 0,33	-	-
6	2,33 ± 0,49	-	-
7	3,50 ± 0,43	-	-
8	2,67 ± 0,33	-	-
9	2,33 ± 0,33	0,33 ± 0,33	-
10	3,33 ± 0,67	-	-
11	2,33 ± 0,33	-	-
$\bar{x}_B$	2,66 ± 0,18	0,17 ± 0,07	0,015 ± 0,015
12	4,33 ± 1,02	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17

Erläuterung cf. Tab. A7.19; September und Oktober keine Keimpflanzen

Tab. A7.22 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offene Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

<sup>1</sup> 2, 3	Juni	Juli Binomial	August Dunnett-T3	September Binomial	Oktober Binomial	November Tukey
1	74,33 ± 15,28	1,67 <sup>ab</sup> ± 0,80	4,50 <sup>ab</sup> ± 2,17	3,33 <sup>a</sup> ± 1,15	2,50 <sup>abc</sup> ± 1,20	1,83 <sup>a</sup> ± 0,91
2	80,67 ± 8,18	27,67 <sup>ef</sup> ± 5,58	20,33 <sup>abc</sup> ± 8,49	9,67 <sup>bcd</sup> ± 6,30	5,83 <sup>abcde</sup> ± 3,78	4,50 <sup>ab</sup> ± 3,19
3	72,00 ± 10,80	28,50 <sup>ef</sup> ± 6,14	19,33 <sup>abc</sup> ± 5,46	20,17 <sup>def</sup> ± 5,78	12,67 <sup>def</sup> ± 4,23	2,33 <sup>a</sup> ± 1,61
4	52,33 ± 4,06	1,67 <sup>ab</sup> ± 0,33	2,33 <sup>a</sup> ± 1,20	2,00 <sup>a</sup> ± 2,00	- <sup>ab</sup>	- <sup>a</sup>
5	87,00 ± 11,58	8,67 <sup>bcd</sup> ± 2,99	12,83 <sup>abc</sup> ± 3,30	9,17 <sup>bc</sup> ± 1,01	10,00 <sup>cdefg</sup> ± 1,46	7,83 <sup>ab</sup> ± 1,60
6	77,83 ± 14,99	33,17 <sup>efg</sup> ± 9,33	19,17 <sup>abc</sup> ± 4,54	9,83 <sup>bcd</sup> ± 2,52	12,17 <sup>defgh</sup> ± 2,09	8,17 <sup>ab</sup> ± 2,48
7	72,17 ± 4,83	34,33 <sup>efg</sup> ± 8,17	24,50 <sup>bc</sup> ± 3,72	29,50 <sup>fg</sup> ± 5,10	16,33 <sup>defgh</sup> ± 4,25	1,67 <sup>a</sup> ± 1,67
8	55,00 ± 1,00	4,67 <sup>abcd</sup> ± 1,20	7,00 <sup>ab</sup> ± 1,53	2,00 <sup>a</sup> ± 1,00	2,67 <sup>abc</sup> ± 2,19	- <sup>a</sup>
9	55,67 ± 18,12	10,00 <sup>bcd</sup> ± 4,51	18,33 <sup>abc</sup> ± 8,84	18,33 <sup>def</sup> ± 9,28	11,67 <sup>cdefgh</sup> ± 5,61	10,67 <sup>ab</sup> ± 4,84
10	98,33 ± 18,62	37,00 <sup>efg</sup> ± 11,14	29,67 <sup>abc</sup> ± 8,67	28,00 <sup>defg</sup> ± 8,89	20,33 <sup>efghi</sup> ± 4,67	13,33 <sup>ab</sup> ± 1,67
11	69,67 ± 9,94	42,00 <sup>fg</sup> ± 10,15	26,00 <sup>abc</sup> ± 4,51	17,33 <sup>cdef</sup> ± 3,18	18,33 <sup>defghi</sup> ± 2,60	15,00 <sup>bc</sup> ± 2,89
$\bar{x}_B$	72,27 ± 4,24	20,86 ± 4,68	16,7 ± 2,71	13,57 ± 2,96	10,23 ± 2,04	5,94 ± 1,62
12	77,17 ± 10,44	34,50 <sup>efg</sup> ± 2,64	38,50 <sup>c</sup> ± 5,58	38,33 <sup>fg</sup> ± 4,68	25,83 <sup>ghi</sup> ± 1,97	26,33 <sup>c</sup> ± 1,65

Erläuterung cf. Tab. A7.19; <sup>1</sup> Monat, <sup>2</sup> Methode, <sup>3</sup> Test; Mittelwert in den **Spalten** mit den selben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander

Tab. A7.23 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offene Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

<sup>1</sup>	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1	29,50 ± 11,44	6,83 ± 1,97	6,50 ± 1,26	3,33 ± 1,28	2,17 ± 0,31	2,17 ± 0,54
2	12,50 ± 1,82	4,50 ± 1,06	9,00 ± 1,98	9,33 ± 3,17	5,50 ± 2,33	3,83 ± 1,60
3	10,33 ± 3,49	3,83 ± 1,33	5,83 ± 1,56	6,33 ± 1,05	2,17 ± 0,65	1,67 ± 0,42
4	26,33 ± 4,37	5,33 ± 2,40	6,67 ± 1,45	6,33 ± 2,40	4,33 ± 1,45	3,67 ± 1,20
5	18,67 ± 5,36	2,50 ± 0,72	6,00 ± 1,29	5,83 ± 0,83	2,50 ± 0,67	2,17 ± 0,60
6	24,83 ± 7,40	3,00 ± 0,73	5,00 ± 0,58	10,67 ± 3,22	2,67 ± 0,42	2,50 ± 0,43
7	37,83 ± 7,18	2,67 ± 1,15	7,33 ± 1,96	7,17 ± 1,08	3,33 ± 0,92	2,50 ± 0,67
8	37,67 ± 16,56	2,33 ± 0,67	7,00 ± 2,08	4,67 ± 0,88	3,33 ± 0,67	3,00 ± 0,00
9	24,00 ± 15,28	3,00 ± 0,58	6,33 ± 0,88	5,00 ± 2,08	3,00 ± 1,15	2,67 ± 0,33
10	30,00 ± 4,16	1,62 ± 1,20	10,00 ± 1,73	10,00 ± 3,00	2,67 ± 1,20	1,67 ± 0,67
11	33,67 ± 11,17	6,00 ± 2,65	10,33 ± 2,33	12,00 ± 2,65	3,00 ± 0,58	2,00 ± 0,58
$\bar{x}_B$	25,94 ± 2,78	3,78 ± 0,50	7,27 ± 0,53	7,33 ± 0,83	3,15 ± 0,30	2,53 ± 0,22
12	22,67 ± 8,56	2,17 ± 0,83	7,17 ± 1,35	11,83 ± 2,85	2,83 ± 0,91	2,67 ± 0,92

Erläuterung cf. Tab. A7.19; <sup>1</sup> Methode



Tab. A7.24 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der offene Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode (Test)	Juni	Juli	August	September	Oktober (Dunnett)
1	15,17 ± 3,07	16,00 ± 2,61	14,83 ± 3,16	14,17 ± 2,48	13,33 ± 2,29*
2	16,67 ± 2,17	19,83 ± 5,91	19,33 ± 5,30	16,17 ± 4,09	15,50 ± 3,50
3	20,17 ± 3,41	17,83 ± 5,16	18,67 ± 5,16	15,50 ± 4,54	17,00 ± 2,45
4	19,00 ± 4,93	9,00 ± 3,79	11,33 ± 3,48	11,33 ± 3,48	10,67 ± 3,76*
5	14,50 ± 2,06	12,17 ± 2,87	12,17 ± 3,00	11,83 ± 2,33	12,67 ± 2,73*
6	18,17 ± 3,53	14,17 ± 2,97	15,17 ± 3,26	13,67 ± 2,88	11,67 ± 1,98*
7	20,33 ± 3,03	21,33 ± 4,48	21,50 ± 3,15	21,50 ± 3,95	17,00 ± 1,71
8	23,33 ± 11,67	12,00 ± 4,04	13,00 ± 4,04	12,00 ± 4,04	11,67 ± 3,93
9	15,33 ± 3,76	19,00 ± 3,06	18,33 ± 2,85	18,33 ± 4,10	13,00 ± 4,58
10	18,00 ± 2,52	13,00 ± 5,03	12,67 ± 3,53	9,33 ± 3,93	12,67 ± 1,45
11	16,67 ± 2,19	16,00 ± 4,58	16,67 ± 5,55	18,67 ± 7,69	12,67 ± 3,71
$\bar{x}_B$	17,94 ± 0,80	15,48 ± 1,15	15,79 ± 1,01	14,77 ± 1,11	13,44 ± 0,64
12	20,50 ± 2,97	24,00 ± 5,54	23,50 ± 5,46	21,67 ± 4,52	24,50 ± 3,92

Erläuterung cf. Tab. A7.19; Mittelwert in den **Spalten** mit \* unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle

Tab. A7.25 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1994-96 [0,25 m<sup>2</sup>]

1994		1995			1996
<sup>1</sup>	Juni	Juni	Juli	September	Juni
1	0,50 ± 0,34	0,33 ± 0,21	0,33 ± 0,33	-	1,83 ± 0,31
2	0,50 ± 0,22	0,50 ± 0,34	1,83 ± 0,70	-	1,17 ± 0,31
3	-	0,67 ± 0,33	2,17 ± 1,60	-	1,83 ± 0,31
4	-	0,33 ± 0,33	1,33 ± 1,33	-	-
5	0,33 ± 0,21	0,50 ± 0,22	1,33 ± 0,67	-	1,17 ± 0,31
6	-	0,33 ± 0,33	1,00 ± 0,52	-	1,83 ± 0,17
7	-	0,67 ± 0,49	0,67 ± 0,33	0,17 ± 0,17	0,50 ± 0,34
8	-	-	-	-	1,00 ± 0,00
9	-	1,33 ± 0,88	2,00 ± 0,58	-	2,33 ± 0,67
10	-	-	0,33 ± 0,33	-	0,67 ± 0,67
11	3,33 ± 3,33	1,00 ± 0,00	0,67 ± 0,67	-	1,33 ± 0,33
$\bar{x}_B$	0,42 ± 0,30	0,51 ± 0,12	1,06 ± 0,22	0,015 ± 0,015	1,24 ± 0,21
12	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17	1,00 ± 0,52	-	1,67 ± 0,42
Juli bis November keine Keimpflanzen		August, Oktober und November keine Keimpflanzen			Juli bis Oktober keine Keimpflanzen

Erläuterung cf. Tab. A7.19; <sup>1</sup> Methode

Tab. A7.26 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1	3,67 ± 0,49	0,17 ± 0,17	1,50 ± 0,72	1,50 ± 0,22	0,50 ± 0,34	0,50 ± 0,34
2	3,33 ± 0,49	4,67 ± 1,23	3,83 ± 1,68	0,83 ± 0,31	0,67 ± 0,49	0,33 ± 0,33
3	3,33 ± 0,42	6,33 ± 1,20	6,33 ± 1,02	3,17 ± 0,65	1,83 ± 0,70	0,67 ± 0,49
4	5,67 ± 1,20	-	0,67 ± 0,67	-	-	-
5	4,83 ± 1,19	0,17 ± 0,17	0,67 ± 0,21	0,67 ± 0,21	0,50 ± 0,22	0,33 ± 0,21
6	3,83 ± 0,48	5,50 ± 1,18	2,67 ± 0,88	1,50 ± 0,76	0,67 ± 0,33	0,50 ± 0,22
7	4,17 ± 1,01	4,67 ± 1,26	4,17 ± 0,95	3,33 ± 0,80	2,17 ± 0,95	-
8	3,67 ± 0,88	-	1,00 ± 1,00	1,00 ± 1,00	0,33 ± 0,33	-
9	5,67 ± 1,20	5,00 ± 1,53	4,00 ± 1,73	3,00 ± 1,15	3,33 ± 1,20	2,67 ± 0,88
10	7,33 ± 1,45	4,33 ± 2,33	5,33 ± 2,85	2,33 ± 1,45	2,00 ± 1,00	2,00 ± 1,00
11	3,33 ± 0,33	2,33 ± 0,33	4,67 ± 2,67	3,00 ± 0,58	1,00 ± 0,58	0,67 ± 0,33
$\bar{x}_B$	4,44 ± 0,39	3,01 ± 0,76	3,17 ± 0,60	1,85 ± 0,35	1,18 ± 0,30	0,70 ± 0,26
12	4,17 ± 1,33	3,17 ± 0,79	2,00 ± 0,52	2,50 ± 0,96	2,33 ± 0,95	2,17 ± 0,95

Erläuterung cf. Tab. A7.19

Tab. A7.27 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1	1,83 ± 0,54	1,83 ± 0,48	2,33 ± 0,33	1,67 ± 0,56	1,67 ± 0,21	1,33 ± 0,21
2	3,17 ± 1,19	1,33 ± 0,42	2,50 ± 0,62	1,67 ± 0,61	2,00 ± 0,63	1,17 ± 0,40
3	1,33 ± 0,33	1,83 ± 0,54	2,00 ± 0,68	1,17 ± 0,40	1,67 ± 0,42	1,17 ± 0,31
4	0,67 ± 0,33	2,00 ± 0,58	3,00 ± 1,00	2,67 ± 0,33	1,33 ± 0,33	1,00 ± 0,00
5	2,17 ± 0,79	1,83 ± 0,79	2,67 ± 0,49	1,33 ± 0,49	1,67 ± 0,71	1,67 ± 0,33
6	0,83 ± 0,40	1,83 ± 0,75	2,50 ± 0,67	1,67 ± 0,33	1,50 ± 0,22	1,00 ± 0,26
7	1,50 ± 0,56	2,67 ± 1,09	2,67 ± 0,49	2,00 ± 0,52	1,17 ± 0,17	0,67 ± 0,21
8	1,33 ± 0,33	1,67 ± 0,33	1,67 ± 0,33	0,33 ± 0,33	1,33 ± 0,33	1,00 ± 0,58
9	4,00 ± 1,53	2,33 ± 0,33	2,67 ± 1,20	3,67 ± 0,88	2,33 ± 0,33	1,67 ± 0,33
10	1,67 ± 0,33	2,33 ± 0,33	1,67 ± 0,33	2,67 ± 0,88	2,00 ± 0,58	1,33 ± 0,33
11	2,67 ± 0,88	2,00 ± 0,00	3,67 ± 0,67	2,33 ± 0,33	1,33 ± 0,33	1,00 ± 0,00
$\bar{x}_B$	1,92 ± 0,30	1,97 ± 0,11	2,49 ± 0,17	1,92 ± 0,27	1,64 ± 0,11	1,18 ± 0,09
12	0,67 ± 0,21	3,33 ± 1,23	2,33 ± 0,95	1,50 ± 0,56	1,50 ± 0,22	1,17 ± 0,40

Erläuterung cf. Tab. A7.19

Tab. A7.28 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der geschützten Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode (Test)	Juni	Juli	August	September	Oktober (Dunnett)
1	5,50 ± 0,72	3,00 ± 0,37	2,67 ± 0,33	1,50 ± 0,43	2,00 ± 0,26*
2	7,33 ± 1,94	3,33 ± 1,09	3,00 ± 0,97	1,33 ± 0,49	1,67 ± 0,21*
3	7,17 ± 0,79	3,67 ± 0,92	2,50 ± 0,62	1,17 ± 0,48	2,33 ± 0,42*
4	5,33 ± 0,33	2,67 ± 1,33	2,33 ± 1,20	0,67 ± 0,33	1,00 ± 1,00
5	5,00 ± 0,68	4,83 ± 1,54	4,00 ± 0,97	0,81 ± 0,31	2,33 ± 0,42*
6	6,00 ± 0,63	3,50 ± 0,50	3,00 ± 0,26	1,50 ± 0,22	1,50 ± 0,50*
7	4,83 ± 0,31	5,17 ± 1,08	3,83 ± 0,65	2,50 ± 0,76	2,50 ± 0,72*
8	4,67 ± 0,67	3,33 ± 1,20	3,00 ± 1,00	1,33 ± 0,67	2,00 ± 0,58
9	4,00 ± 1,00	5,67 ± 0,88	4,67 ± 0,88	0,67 ± 0,33	2,00 ± 0,00
10	3,00 ± 0,58	4,33 ± 1,45	4,00 ± 1,53	1,00 ± 1,00	2,67 ± 1,45
11	7,67 ± 1,20	3,33 ± 1,33	2,67 ± 0,67	1,33 ± 0,88	1,33 ± 0,67
$\bar{x}_B$	5,50 ± 0,44	3,89 ± 0,29	3,24 ± 0,23	1,25 ± 0,15	1,94 ± 0,16
12	6,67 ± 0,80	3,67 ± 1,12	3,17 ± 0,70	3,00 ± 0,82	4,00 ± 0,63

Erläuterung cf. Tab. A7.19; Mittelwert in den **Spalten** mit \* unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle

Tab. A7.29 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1994-95 [0,25 m<sup>2</sup>]

1994		1995	
Methode	Juni	Juni	Juli
1	0,25 ± 0,006	-	0,17 ± 0,17
2	-	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17
3	0,008 ± 0,005	-	-
4	0,25 ± 0,00	-	-
5	0,008 ± 0,005	-	-
6	0,13 ± 0,005	-	-
7	0,008 ± 0,005	-	-
8	0,17 ± 0,17	-	-
$\bar{x}_B$	0,09 ± 0,036	0,019 ± 0,019	0,038 ± 0,025
12	0,13 ± 0,13	-	-

Juli bis November keine Keimpflanzen

August bis November keine Keimpflanzen

Erläuterung cf. Tab. A7.19 (bei fehlenden Methoden keine Keimpflanzen)

In der kultivierten Savanne wurden im gesamten Zeitraum 1996 keine *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen beobachtet.

Tab. A7.30 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1994 [0,25 m<sup>2</sup>]

<sup>1</sup>	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1	0,46 ± 0,32	1,42 ± 0,53	0,71 ± 0,25	0,12 ± 0,10	0,42 ± 0,12	0,29 ± 0,008
2	0,21 ± 0,008	0,50 ± 0,17	0,58 ± 0,26	0,008 ± 0,005	0,004 ± 0,004	0,004 ± 0,004
3	0,29 ± 0,008	0,25 ± 0,17	0,17 ± 0,12	0,008 ± 0,005	0,31 ± 0,008	0,004 ± 0,004
4	0,25 ± 0,14	0,58 ± 0,36	0,83 ± 0,71	0,008 ± 0,008	-	-
5	0,25 ± 0,009	0,33 ± 0,15	0,29 ± 0,12	0,008 ± 0,005	0,21 ± 0,10	0,008 ± 0,005
6	0,21 ± 0,008	1,08 ± 0,55	0,83 ± 0,49	0,13 ± 0,008	0,13 ± 0,13	0,008 ± 0,008
7	0,50 ± 0,30	0,75 ± 0,27	0,62 ± 0,41	0,58 ± 0,30	0,29 ± 0,16	-
8	0,58 ± 0,17	0,17 ± 0,17	0,25 ± 0,14	0,008 ± 0,008	-	-
9	0,50 ± 0,25	1,25 ± 0,90	0,92 ± 0,92	0,008 ± 0,008	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17
$\bar{x}_B$	0,36 ± 0,05	0,70 ± 0,15	0,58 ± 0,09	0,10 ± 0,06	0,17 ± 0,05	0,05 ± 0,03
12	0,29 ± 0,008	0,21 ± 0,12	0,25 ± 0,13	-	0,008 ± 0,005	0,008 ± 0,005

<sup>1</sup> Methode; weitere Erläuterungen cf. Tab. A7.19Tab. A7.31 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1995 [0,25 m<sup>2</sup>]

<sup>1</sup>	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1	2,67 ± 0,71	1,17 ± 0,79	0,83 ± 0,54	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17
2	1,83 ± 0,70	-	-	-	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17
3	0,67 ± 0,33	0,50 ± 0,34	-	0,33 ± 0,21	-	-
4	1,33 ± 1,33	0,33 ± 0,33	0,33 ± 0,33	0,33 ± 0,33	-	-
5	0,67 ± 0,33	0,17 ± 0,17	-	-	-	-
6	0,50 ± 0,22	0,67 ± 0,49	0,67 ± 0,67	1,00 ± 0,068	-	-
7	1,33 ± 0,42	-	-	-	-	-
8	0,33 ± 0,33	-	-	-	-	-
9	1,00 ± 0,58	1,33 ± 0,88	1,33 ± 0,88	-	-	-
$\bar{x}_B$	1,15 ± 0,25	0,46 ± 0,17	0,35 ± 0,16	0,20 ± 0,11	0,038 ± 0,025	0,038 ± 0,025
12	0,50 ± 0,22	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Methode; weitere Erläuterungen cf. Tab. A7.19

Tab. A7.32 Mittelwert und Standardfehler von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in den Behandlungen und Kontrollparzellen in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) 1996 [0,25 m<sup>2</sup>]

Methode	Juni	Juli	August	September	Oktober
1	1,33 ± 0,99	1,17 ± 0,83	1,17 ± 0,83	1,00 ± 0,52	0,83 ± 0,54
2	-	0,50 ± 0,22	0,50 ± 0,22	0,17 ± 0,17	0,50 ± 0,22
3	0,17 ± 0,17	0,50 ± 0,50	0,50 ± 0,50	-	0,33 ± 0,33
4	0,67 ± 0,67	0,67 ± 0,33	0,67 ± 0,33	1,00 ± 0,58	0,67 ± 0,33
5	0,50 ± 0,34	-	-	-	-
6	-	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17	-	0,17 ± 0,17
7	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17	0,17 ± 0,17	0,33 ± 0,33	-
9	-	0,67 ± 0,67	0,67 ± 0,67	0,67 ± 0,67	0,67 ± 0,67
$\bar{x}_B$	0,31 ± 0,15	0,43 ± 0,13	0,43 ± 0,13	0,35 ± 0,14	0,35 ± 0,11
12	0,17 ± 0,17	-	-	0,17 ± 0,17	-

Erläuterung cf. Tab. A7.19

Tab. A7.33 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen und geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1994	Juni	OS	523	0,96	< 0,0001
		GS	19	0,04	
		gesamt	542	1,00	
	Juli	OS	4	1,00	0,063 <sup>n.s.</sup>
		GS	-	0	
		gesamt	4	1,00	
	August	OS	13	1,00	< 0,0001
		GS	-	0	
		gesamt	13	1,00	
	September	OS	131	1,00	< 0,0001
		GS	-	0	
		gesamt	131	1,00	
	Oktober	OS	2	1,00	n.s.
		GS	0	0	
		gesamt	2	1,00	

Fortsetzg. Tab. A7.33 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen und geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1995-96<sup>1</sup> im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1995	Juni	OS	618	0,96	< 0,0001
		GS	27	0,04	
		gesamt	645	1,00	
	Juli	OS	109	0,63	0,001
		GS	63	0,37	
		gesamt	172	1,00	
	August	OS	46	1,00	< 0,0001
		GS	-	0	
		gesamt	46	1,00	
	September	OS	95	0,99	< 0,0001
		GS	1	0,01	
		gesamt	96	1,00	
1996	Juni	OS	161	0,68	< 0,0001
		GS	76	0,32	
		gesamt	237	1,00	
	Juli	OS	9	1,00	0,004
		GS	-	0	
		gesamt	9	1,00	
	August	OS	2	1,00	n.s.
		GS	-	0	
		gesamt	2	1,00	

<sup>1</sup> fehlende Monate weisen auf das Fehlen von *S. obtusifolia*-Keimpflanzen im Zählquadrat hin

Tab. A7.34 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1994	Juni	OS	523	0,994	< 0,0001
		KS	3	0,006	
		gesamt	526	1,000	
	Juli	OS	4	1,000	0,078 <sup>n.s.</sup>
		KS	-	0	
		gesamt	4	1,000	
	August	OS	13	1,000	< 0,0001
		KS	-	0	
		gesamt	13	1,000	
	September	OS	131	1,000	< 0,0001
		KS	-	0	
		gesamt	131	1,000	
	Oktober	OS	2	1,000	0,279 <sup>n.s.</sup>
		KS	-	0	
		gesamt	2	1,000	

Fortsetzg. Tab. A7.34 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1995-96<sup>1</sup> im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1995	Juni	OS	618	0,998	< 0,0001
		KS	1	0,002	
		gesamt	619	1,000	
	Juli	OS	109	0,982	< 0,0001
		KS	2	0,018	
		gesamt	111	1,000	
	August	OS	46	1,000	< 0,0001
		KS	-	0	
		gesamt	46	1,000	
	September	OS	95	1,000	< 0,0001
		KS	-	0	
		gesamt	95	1,000	
1996	Juni	OS	161	1,00	< 0,0001
		KS	-	0	
		gesamt	161	1,00	
	Juli	OS	9	1,00	0,003
		KS	-	0	
		gesamt	9	1,00	
	August	OS	2	1,00	0,279 <sup>n.s.</sup>
		KS	-	0	
		gesamt	2	1,00	

<sup>1</sup> fehlende Monate weisen auf das Fehlen von *S. obtusifolia*-Keimpflanzen im Zählquadrat hin

Tab. A7.35 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der geschützten und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 bis 1996<sup>1</sup> im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1994	Juni	GS	19	0,864	0,001
		KS	3	0,136	
		gesamt	22	1,000	
1995	Juni	GS	27	0,964	< 0,0001
		KS	1	0,036	
		gesamt	28	1,000	
	Juli	GS	63	0,969	< 0,0001
		KS	2	0,031	
		gesamt	65	1,000	
1996	Juni	GS	76	1,000	< 0,0001
		KS	-	0	
		gesamt	76	1,000	

<sup>1</sup> fehlende Monate weisen auf das Fehlen von *S. obtusifolia*-Keimpflanzen im Zählquadrat hin

Tab. A7.36 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994-95 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1994	Juni	OS	4240	0,95	< 0,0001
		GS	241	0,05	
		gesamt	4481	1,00	
	Juli	OS	1297	0,88	< 0,0001
		GS	183	0,12	
		gesamt	1480	1,00	
	August	OS	1085	0,86	< 0,0001
		GS	174	0,14	
		gesamt	1259	1,00	
	September	OS	923	0,89	< 0,0001
		GS	109	0,11	
		gesamt	1032	1,00	
	Oktober	OS	671	0,90	< 0,0001
		GS	72	0,10	
		gesamt	743	1,00	
	November	OS	433	0,91	< 0,0001
		GS	43	0,09	
		gesamt	476	1,00	
1995	Juni	OS	1393	0,93	< 0,0001
		GS	100	0,07	
		gesamt	1493	1,00	
	Juli	OS	208	0,64	< 0,0001
		GS	199	0,36	
		gesamt	327	1,00	
	August	OS	402	0,74	< 0,0001
		GS	140	0,26	
		gesamt	542	1,00	
	September	OS	441	0,81	< 0,0001
		GS	101	0,19	
		gesamt	542	1,00	
	Oktober	OS	176	0,66	< 0,0001
		GS	92	0,34	
		gesamt	268	1,00	
	November	OS	144	0,68	< 0,0001
		GS	67	0,32	
		gesamt	211	1,00	



Fortsetzg. Tab. A7.36 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1996 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1996	Juni	OS	1030	0,76	< 0,0001
		GS	329	0,24	
		gesamt	1359	1,00	
	Juli	OS	959	0,81	< 0,0001
		GS	221	0,19	
		gesamt	1180	1,00	
	August	OS	967	0,84	< 0,0001
		GS	183	0,16	
		gesamt	1150	1,00	
	September	OS	896	0,91	< 0,0001
		GS	86	0,09	
		gesamt	982	1,00	
	Oktober	OS	852	0,87	< 0,0001
		GS	125	0,13	
		gesamt	977	1,00	

Tab. A7.37 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1994	Juni	OS	4240	0,996	< 0,0001
		KS	17	0,004	
		gesamt	4257	1,000	
	Juli	OS	1297	0,972	< 0,0001
		KS	37	0,28	
		gesamt	1334	1,000	
	August	OS	1085	0,973	< 0,0001
		KS	30	0,027	
		gesamt	1115	1,000	
	September	OS	923	0,991	< 0,0001
		KS	8	0,009	
		gesamt	931	1,000	
	Oktober	OS	671	0,985	< 0,0001
		KS	10	0,015	
		gesamt	681	1,000	
	November	OS	433	0,991	< 0,0001
		KS	4	0,009	
		gesamt	437	1,000	

Fortsetzg. Tab. A7.37 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1995-1996 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1995	Juni	OS	1393	0,961	< 0,0001
		KS	57	0,039	
		gesamt	1450	1,000	
	Juli	OS	208	0,912	< 0,0001
		KS	20	0,088	
		gesamt	228	1,000	
	August	OS	402	0,966	< 0,0001
		KS	14	0,034	
		gesamt	416	1,000	
	September	OS	441	0,978	< 0,0001
		KS	10	0,022	
		gesamt	451	1,000	
	Oktober	OS	176	0,989	< 0,0001
		KS	2	0,011	
		gesamt	178	1,000	
	November	OS	144	0,986	< 0,0001
		KS	2	0,014	
		gesamt	146	1,000	
1996	Juni	OS	1030	0,985	< 0,0001
		KS	16	0,015	
		gesamt	1046	1,000	
	Juli	OS	959	0,981	< 0,0001
		KS	19	0,019	
		gesamt	978	1,000	
	August	OS	967	0,981	< 0,0001
		KS	19	0,019	
		gesamt	986	1,000	
	September	OS	896	0,984	< 0,0001
		KS	15	0,016	
		gesamt	911	1,000	
	Oktober	OS	852	0,983	< 0,0001
		KS	15	0,017	
		gesamt	867	1,000	

Tab. A7.38 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1994 im Binomial-Test

	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1994	Juni	GS	241	0,934	< 0,0001
		KS	17	0,66	
		gesamt	258	1,000	
	Juli	GS	183	0,832	< 0,0001
		KS	37	0,168	
		gesamt	220	1,000	
	August	GS	174	0,853	< 0,0001
		KS	30	0,147	
		gesamt	204	1,000	
	September	GS	109	0,932	< 0,0001
		KS	8	0,068	
		gesamt	117	1,000	
	Oktober	GS	72	0,878	< 0,0001
		KS	10	0,122	
		gesamt	82	1,000	
	November	GS	43	0,915	< 0,0001
		KS	4	0,085	
		gesamt	47	1,000	
1995	Juni	GS	100	0,637	0,0040
		KS	57	0,363	
		gesamt	157	1,000	
	Juli	GS	119	0,856	< 0,0001
		KS	20	0,144	
		gesamt	139	1,000	
	August	GS	140	0,909	< 0,0001
		KS	14	0,091	
		gesamt	154	1,000	
	September	GS	101	0,910	< 0,0001
		KS	10	0,090	
		gesamt	111	1,000	
	Oktober	GS	92	0,979	< 0,0001
		KS	2	0,021	
		gesamt	94	1,000	
	November	GS	67	0,971	< 0,0001
		KS	2	0,029	
		gesamt	69	1,000	

Fortsetzg. Tab. A7.38 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten und kultivierten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] für 1996 im Binomial-Test

Jahr	Monat	WÖT	n	beobachteter Anteil	Signifikanz
1996	Juni	GS	329	0,954	< 0,0001
		KS	16	0,046	
		gesamt	345	1,000	
	Juli	GS	221	0,921	< 0,0001
		KS	19	0,079	
		gesamt	240	1,000	
	August	GS	183	0,906	< 0,0001
		KS	19	0,094	
		gesamt	202	1,000	
	September	GS	86	0,851	< 0,0001
		KS	15	0,149	
		gesamt	101	1,000	
	Oktober	GS	125	0,893	< 0,0001
		KS	15	0,107	
		gesamt	140	1,000	

Tab. A7.39 Methodenvergleich mittels Binomial-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Juli 1994

Methode	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<0,0001	<0,0001	n.s.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,021	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2		n.s.	<0,0001	<0,0001	0,094 <sup>n.s.</sup>	0,043	<0,0001	<0,0001	0,022	n.s.	0,038
3			<0,0001	<0,0001	n.s.	0,079 <sup>n.s.</sup>	<0,0001	<0,0001	0,039	0,001	0,072 <sup>n.s.</sup>
4				<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,064 <sup>n.s.</sup>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5					<0,0001	<0,0001	0,044	n.s.	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6						n.s.	<0,0001	<0,0001	n.s.	0,045	n.s.
7							<0,0001	<0,0001	n.s.	0,086 <sup>n.s.</sup>	n.s.
8								0,023	<0,0001	<0,0001	<0,0001
9									<0,0001	<0,0001	<0,0001
10										n.s.	n.s.
11											0,094 <sup>n.s.</sup>

1: Jätevariante 1; 2: Jätevariante 2; 3: Jätevariante 3; 4: Jätevariante 4; 5: Schnittvariante 1; 6: Schnittvariante 2; 7: Schnittvariante 3; 8: Schnittvariante 4; 9: Herbizidvariante; 10: *Andropogon gayanus*; 11: *Pennisetum pedicellatum*; 12: Kontrolle; fehlende Methoden n.s.

Tab. A7.40 Methodenvergleich mittels Dunnett-T3-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im August 1994

Methode	12
1	0,028

Erläuterung cf. Tab. A7.39; Methoden 2-12 n.s.

Tab. A7.41 Methodenvergleich mittels Binomial-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im September 1994

Methode	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<0,0001	<0,0001	n.s.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	n.s.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2		<0,0001	<0,0001	n.s.	n.s.	<0,0001	<0,0001	0,001	<0,0001	0,003	<0,0001
3			<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	<0,0001	n.s.	0,027	n.s.	<0,0001
4				<0,0001	<0,0001	<0,0001	n.s.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5					n.s.	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	0,001	<0,0001
6						<0,0001	<0,0001	0,001	<0,0001	0,004	<0,0001
7							<0,0001	0,001	n.s.	0,0006	0,009
8								<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
9									0,017	n.s.	<0,0001
10										0,007	0,014
11											<0,0001

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methode n.s.

Tab. A7.42 Methodenvergleich mittels Binomial-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Oktober 1994

Methode	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,007	<0,0001	0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	n.s.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2		0,0001	<0,0001	0,013	0,0003	<0,0001	0,051 <sup>n.s.</sup>	0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001
3			<0,0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0,0001	n.s.	0,008	0,047	<0,0001
4				<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5					n.s.	0,003	<0,0001	n.s.	0,0001	0,002	<0,0001
6						0,066 <sup>n.s.</sup>	<0,0001	n.s.	0,004	0,029	<0,0001
7							<0,0001	0,100 <sup>n.s.</sup>	n.s.	n.s.	<0,0001
8								<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
9									0,010	0,046	<0,0001
11											0,031

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methode n.s.

Tab. A7.43 Methodenvergleich mittels Tukey-Test für die Anzahl von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im November 1994

Methode	11	12
1	0,016	< 0,0001
2	n.s.	< 0,0001
3	0,024	< 0,0001
4	n.s.	< 0,0001
5	n.s.	< 0,0001
6	n.s.	< 0,0001
7	0,014	< 0,0001
8	0,019	< 0,0001
9	n.s.	0,002
10	n.s.	0,018

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

Die Auswertungen der Post-Hoc-Tests von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne für Juni bis November 1995 und Juni bis September 1996 ergaben keine Signifikanzen.

Tab. A7.44 Methodenvergleich mittels Dunnett-Test für die Anzahl von *S. obtusifolia* in der offenen Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Oktober 1996

Methode	12
1	0,048
4	0,044
5	0,031
6	0,016

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

Tab. A7.45 Methodenvergleich mittels Dunnett-T3-Test für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>] im Juli 1994

Methode	4
1	0,024

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

Die Auswertungen der Post-Hoc-Tests für August 1994 bis September 1996 ergaben in der geschützten Savanne keine Signifikanzen.

Tab. A7.46 Methodenvergleich für die Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der geschützten Savanne im Hauptversuch [0,25 m<sup>2</sup>]

Termin Test	Nov. 94 Binomial	Jul. 95 Binomial	Okt. 96 Dunnett
Methode	12	12	12
2	n.s.	0,0026	0,023
4	0,0002	n.s.	0,015
6	n.s.	n.s.	0,013
7	0,0002	n.s.	n.s.
8	0,0002	n.s.	n.s.
11	n.s.	n.s.	0,041

Erläuterung cf. Tab. A7.39; übrige Methoden n.s. (nach Holm'scher Korrektur bei  $\alpha = 5\%$ )

Die Auswertungen der Post-Hoc-Tests von *S. obtusifolia* in der kultivierten Savanne für die Jahre 1994 bis 1996 ergaben keine Signifikanzen.



Tab. A7.47 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juni	0,0064	< 0,0001	< 0,0001
2		n.s.	0,0048	0,0048
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
5		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
6		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
8		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	< 0,0001	0,0097
10		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
11		< 0,0001	0,0764 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001
12		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
1	Juli	0,0055	n.s.	< 0,0001
2		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		0,0078	0,0078	n.s.
5		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
6		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
7		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
8		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
9		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
10		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
11		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
12		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
4	August	0,0070	0,0078	< 0,0001
5		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
6		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
7		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
8		0,0078	n.s.	0,0078
9		0,0078	n.s.	0,0078
10		0,0078	n.s.	0,0078
11		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
12		< 0,0001	n.s.	< 0,0001

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methode n.s.

Fortsetzg. Tab. A7.47 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	September	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
2		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
6		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
7		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
8		0,0768 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001	n.s.
9		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
10		0,0357	0,0078	< 0,0001
11		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
12		0,0076	< 0,0001	< 0,0001
4	Oktober	0,0078	n.s.	0,0078

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methode n.s.

Im November traten keine *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen in der offenen Savanne auf.

Tab. A7.48 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juni	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
2		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
6		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
8		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
10		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
11		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
12		< 0,0001	< 0,0001	n.s.

Erläuterung cf. Tab. A7.39

Fortsetzg. Tab. A7.48 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juli	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
2		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
6		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
8		0,0030	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
10		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
11		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
12		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
1	August	0,0037	< 0,0001	< 0,0001
2		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
3		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
6		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	0,0326	< 0,0001
8		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
10		< 0,0001	< 0,0001	0,0600 <sup>n.s.</sup>
11		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
12		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
1	September	n.s.	< 0,0001	< 0,0001
2		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		< 0,0001	0,0050	< 0,0001
6		n.s.	< 0,0001	0,0033
7		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
8		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
10		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
11		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
12		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Erläuterung cf. Tab. A7.39

Fortsetzg. Tab. A7.48 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der offenen Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Oktober	n.s.	< 0,0001	< 0,0001
2		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		< 0,0001	0,0069	< 0,0001
6		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
7		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
8		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
10		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
11		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
12		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
4	November	< 0,0001	(November 1996 keine Daten erfasst)	
5		< 0,0001		
6		< 0,0001		
8		< 0,0001		
9		< 0,0001		
10		< 0,0001		
11		< 0,0001		
12		< 0,0001	Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methode n.s.	

Tab. A7.49 Dichte von *S. obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 u. 1996 in der geschützte Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test Erläutg. cf. Tab. A7.39; fehlende Methode n.s.

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juni	n.s.	< 0,0001	< 0,0001
2		n.s.	0,0166	0,0166
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
5		n.s.	0,0012	0,0166
6		0,0078	< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
8		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
9		< 0,0001	< 0,0001	0,0961
10		n.s.	0,0078	0,0078
11		< 0,0001	0,0018	n.s.
12		n.s.	< 0,0001	< 0,0001

Fortsetzg. Tab. A7.49 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der geschützten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz	
		1994-95	1995-96
1	Juli	0,0078	< 0,0001
2		< 0,0001	0,0166
3		< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	n.s.
5		< 0,0001	0,0166
6		< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	n.s.
8		n.s.	< 0,0001
9		< 0,0001	0,0961 <sup>n.s.</sup>
10		n.s.	0,0078
11		0,0078	n.s.
12		< 0,0001	< 0,0001

Erläuterung cf. Tab. A7.39; August, Oktober und November keine Keimpflanzen (September, 1994/96 n.s.)

Tab. A7.50 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der geschützten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juni	< 0,0001	0,0036	< 0,0001
2		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
5		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
6		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
7		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
8		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
10		< 0,0001	< 0,0001	0,0440
11		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
12		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
1	Juli	< 0,0001	< 0,0001	0,0118
2		< 0,0001	0,0250	< 0,0001
3		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4		< 0,0001	< 0,0001	n.s.

Erläuterung cf. Tab. A7.39

Fortsetzg. Tab. A7.50 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995/96 in der geschützten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
5	Juli	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
6		< 0,0001	0,0013	< 0,0001
7		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
8		< 0,0001	< 0,0001	0,0135
9		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
10		0,0097	n.s.	0,0097
11		n.s.	n.s.	0,0599 <sup>n.s.</sup>
1	August	0,0470	0,0066	n.s.
2		0,0117	n.s.	n.s.
3		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
4		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
5		< 0,0001	< 0,0001	0,0140
7		0,0061	n.s.	0,0303
8		n.s.	< 0,0001	0,0440
9		0,0929 <sup>n.s.</sup>	n.s.	0,0138
10		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
11		n.s.	0,0138	n.s.
12		n.s.	0,0150	0,0978 <sup>n.s.</sup>
2	September	0,0135	n.s.	n.s.
3		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
4		< 0,0001	0,0078	< 0,0001
5		0,0293	n.s.	n.s.
7		0,0059	0,1080 <sup>n.s.</sup>	n.s.
8		0,0768 <sup>n.s.</sup>	n.s.	0,0118
9		n.s.	< 0,0001	< 0,0001
10		n.s.	0,0166	0,0037
11		n.s.	0,0078	0,0961 <sup>n.s.</sup>
12		0,0184	n.s.	< 0,0001
1	Oktober	< 0,0001	< 0,0001	n.s.
2		< 0,0001	0,0018	n.s.
4		< 0,0001	< 0,0001	n.s.
5		< 0,0001	< 0,0001	0,1253 <sup>n.s.</sup>
6		0,0078	0,0078	n.s.
7		0,0097	n.s.	< 0,0001
8		0,0118	< 0,0001	n.s.

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

Fortsetzg. Tab. A7.50 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der geschützten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
9		n.s.	0,0599 <sup>n.s.</sup>	n.s.
12		0,0470	0,0015	< 0,0001
1	November	0,0037	(November 1996 keine Daten erfasst)	
2		0,0012		
4		< 0,0001		
5		< 0,0001		
7		< 0,0001		
8		< 0,0001		
12		0,0097		

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

Tab. A7.51 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juni	0,0312	0,0312	n.s.

Erläuterung cf. Tab. A7.39; August - November keine Keimpflanzen; fehlende Methoden n.s.

Tab. A7.52 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen mit 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	Signifikanz		
		1994-95	1994-96	1995-96
1	Juni	< 0,0001	0,0019	0,0014
2		< 0,0001	0,0625 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001
3		0,0931 <sup>n.s.</sup>	n.s.	0,0118
4		0,0044	n.s.	n.s.
5		0,0525 <sup>n.s.</sup>	n.s.	n.s.
6		n.s.	0,0625 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001
7		0,0037	0,0768 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001
8		n.s.	0,0156	n.s.
9		n.s.	0,0143	< 0,0001
12		n.s.	n.s.	0,0768 <sup>n.s.</sup>

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

Fortsetzg. Tab. A7.52 Unterschiede in der Dichte von *Senna obtusifolia*-Pflanzen 1994 verglichen 1995 und 1996 in der kultivierten Savanne (Hauptversuch) im Binomial-Test

Methode	Monat	1994-95	Signifikanz 1994-96	1995-96
2	Juli	0,0005	n.s.	< 0,0001
5		n.s.	0,0078	n.s.
6		n.s.	< 0,0001	0,0118
7		< 0,0001	0,0043	0,1250 <sup>n.s.</sup>
12		0,0625 <sup>n.s.</sup>	0,0625 <sup>n.s.</sup>	n.s.
2	August	< 0,0001	n.s.	< 0,0001
3		0,1250 <sup>n.s.</sup>	0,0768 <sup>n.s.</sup>	< 0,0001
6		n.s.	0,0015	0,0118
7		< 0,0001	0,0192	0,1250 <sup>n.s.</sup>
9		n.s.	n.s.	0,1250 <sup>n.s.</sup>
12		0,0312	0,0312	n.s.
1	September	n.s.	< 0,0001	< 0,0001
2		n.s.	n.s.	0,1250 <sup>n.s.</sup>
3		0,1094 <sup>n.s.</sup>	n.s.	0,0078
4		n.s.	0,0034	0,0768 <sup>n.s.</sup>
6		< 0,0001	n.s.	< 0,0001
7		< 0,0001	n.s.	0,0078
9		n.s.	0,0391	0,0078
12		n.s.	0,1250 <sup>n.s.</sup>	0,1250 <sup>n.s.</sup>
1	Oktober	n.s.	0,0987 <sup>n.s.</sup>	0,0015
2		n.s.	0,0034	0,0768 <sup>n.s.</sup>
3		n.s.	n.s.	0,0078
4		n.s.	0,0078	0,0078
5		0,0625 <sup>n.s.</sup>	0,0625 <sup>n.s.</sup>	n.s.
6		n.s.	n.s.	0,1250 <sup>n.s.</sup>
7		0,0156	0,0156	n.s.
9		n.s.	0,1094 <sup>n.s.</sup>	0,0078

Erläuterung cf. Tab. A7.39; fehlende Methoden n.s.

In der kultivierten Savanne wurde im November für Methode 4, 7, 8 kein Test durchgeführt, da keine *Senna obtusifolia*-Pflanzen vorhanden waren. Die übrigen Methoden waren nicht signifikant.



Tab. A7.53 Vergleich der Anzahl von *Andropogon gayanus* und *Pennisetum pedicellatum* in der offenen und der geschützten Savanne ( $n = 3; 0,25 \text{ m}^2$ ) im Binomial-Test

Termin	WÖT	<i>Andropogon gayanus</i>			<i>Pennisetum pedicellatum</i>		
		N	beob. Anteil	Signifikanz	N	beob. Anteil	Signifikanz
06.94	OS	3	1,00	n.s.	55	0,95	< 0,0001
	GS	-	0		3	0,05	
	gesamt	3	1,00		58	1,00	
08.94	OS	31	1,00	< 0,0001	56	0,84	< 0,0001
	GS	-	0		11	0,16	
	gesamt	31	1,00		67	1,00	
10.94	OS	18	1,00	< 0,0001	31	0,79	< 0,0001
	GS	-	0		8	0,21	
	gesamt	18	1,00		39	1,00	
$\bar{x}_{94}$	OS	52	1,00	< 0,0001	142	0,87	< 0,0001
	GS	-	0		22	0,13	
	gesamt	52	1,00		164	1,00	
06.95	OS	17	1,00	< 0,0001	17	0,94	< 0,0001
	GS	-	0		1	0,06	
	gesamt	17	1,00		18	1,00	
08.95	OS	15	1,00	< 0,0001	12	0,48	n.s.
	GS	-	0		13	0,52	
	gesamt	15	1,00		25	1,00	
10.95	OS	13	0,93	0,002	10	0,45	n.s.
	GS	1	0,07		12	0,55	
	gesamt	14	1,00		22	1,00	
$\bar{x}_{95}$	OS	45	0,98	< 0,0001	39	0,60	0,136 <sup>n.s.</sup>
	GS	1	0,02		26	0,40	
	gesamt	46	1,00		65	1,00	
06.96	OS	7	0,88	0,070 <sup>n.s.</sup>	2	0,20	0,109 <sup>n.s.</sup>
	GS	1	0,12		8	0,80	
	gesamt	8	1,00		10	1,00	
08.96	OS	6	0,86	0,125 <sup>n.s.</sup>	4	0,40	n.s.
	GS	1	0,14		6	0,60	
	gesamt	7	1,00		10	1,00	
10.96	OS	6	0,86	0,125 <sup>n.s.</sup>	8	0,50	n.s.
	GS	1	0,14		8	0,50	
	gesamt	7	1,00		16	1,00	
$\bar{x}_{96}$	OS	19	0,86	0,001	14	0,39	n.s.
	GS	3	0,14		22	0,61	
	gesamt	21	1,00		36	1,00	
94-96	OS	116	0,97	< 0,0001	195	0,74	< 0,0001
	GS	4	0,03		70	0,26	
	gesamt	120	1,00		265	1,00	

Tab. A7.54 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Keimpflanzen (2-Blattstadium) in der offenen und geschützten Savanne in eingesäten Parzellen (n = 3; 0,25 m<sup>2</sup>) im Binomial-Test

Termin	WÖT	<i>Andropogon gayanus</i>			<i>Pennisetum pedicellatum</i>		
		N	beob. Anteil	Signifikanz	N	beob. Anteil	Signifikanz
06.94 <sup>1</sup>	OS	59	1,00	< 0,0001	11	0,52	n.s.
	GS	-	0		10	0,48	
	gesamt	59	1,00		21	1,00	
06.95	OS	51	1,00	< 0,0001	27	0,90	< 0,0001
	GS	-	0		3	0,10	
	gesamt	51	1,00		30	1,00	
08.95 <sup>1</sup>	OS	2	1,00	n.s.	3	1,00	n.s.
	GS	-	0		-	0	
	gesamt	2	1,00		3	1,00	
x <sub>95</sub>	OS	53	1,00	< 0,0001	30	0,91	< 0,0001
	GS	-	0		3	0,09	
	gesamt	53	1,00		33	1,00	
06.96	OS	10	0,83	0,039	7	0,64	n.s.
	GS	2	0,17		4	0,36	
	gesamt	12	1,00		11	1,00	
94-96	OS	122	0,98	< 0,0001	48	0,74	< 0,0001
	GS	2	0,02		17	0,26	
	gesamt	124	1,00		65	1,00	

<sup>1</sup> keine Keimlinge in fehlenden Monaten

Tab. A7.55 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und der geschützten Savanne in eingesäten Parzellen (n = 3; 0,25 m<sup>2</sup>) im Binomial-Test

Termin	WÖT	<i>Andropogon gayanus</i>			<i>Pennisetum pedicellatum</i>		
		N	beob. Anteil	Signifikanz	N	beob. Anteil	Signifikanz
06.94	OS	295	0,93	< 0,0001	209	0,95	< 0,0001
	GS	22	0,07		10	0,05	
	gesamt	317	1,00		219	1,00	
08.94	OS	89	0,85	< 0,0001	78	0,85	< 0,0001
	GS	16	0,15		14	0,15	
	gesamt	105	1,00		92	1,00	
10.94	OS	61	0,91	< 0,0001	55	0,95	< 0,0001
	GS	6	0,09		3	0,05	
	gesamt	67	1,00		58	1,00	
x <sub>94</sub>	OS	445	0,91	< 0,0001	342	0,93	< 0,0001
	GS	44	0,09		27	0,07	
	gesamt	489	1,00		369	1,00	

Fortsetzg. Tab. A7.55 Vergleich der Anzahl von *Senna obtusifolia*-Pflanzen in der offenen und der geschützten Savanne in eingesäten Parzellen (n = 3; 0,25 m<sup>2</sup>) im Binomial-Test

Termin	WÖT	<i>Andropogon gayanus</i>			<i>Pennisetum pedicellatum</i>		
		N	beob. Anteil	Signifikanz	N	beob. Anteil	Signifikanz
06.95	OS	90	0,95	< 0,0001	101	0,93	< 0,0001
	GS	5	0,05		8	0,07	
	gesamt	95	1,00		109	1,00	
08.95	OS	30	0,86	< 0,0001	31	0,74	0,003
	GS	5	0,14		11	0,26	
	gesamt	35	1,00		42	1,00	
10.95	OS	8	0,57	n.s.	9	0,69	n.s.
	GS	6	0,43		4	0,31	
	gesamt	14	1,00		13	1,00	
$\bar{x}_{95}$	OS	128	0,89	< 0,0001	141	0,86	< 0,0001
	GS	16	0,11		23	0,14	
	gesamt	144	1,00		164	1,00	
06.96	OS	54	0,86	< 0,0001	50	0,68	0,002
	GS	9	0,14		23	0,32	
	gesamt	63	1,00		73	1,00	
08.96	OS	38	0,76	< 0,0001	50	0,86	< 0,0001
	GS	12	0,24		8	0,14	
	gesamt	50	1,00		58	1,00	
10.96	OS	38	0,83	< 0,0001	38	0,90	< 0,0001
	GS	8	0,17		4	0,10	
	gesamt	46	1,00		42	1,00	
$\bar{x}_{96}$	OS	130	0,82	< 0,0001	138	0,80	< 0,0001
	GS	29	0,18		35	0,20	
	gesamt	159	1,00		173	1,00	
94-96	OS	703	0,89	< 0,0001	621	0,88	< 0,0001
	GS	89	0,11		85	0,12	
	gesamt	792	1,00		706	1,00	

Tab. A8.1 Überblick über wichtige Weide- und Futtergräser der trockenen Tropen mit Sommerregen (BOGDAN 1977, LEGEL 1990b, GLATZLE 1990, SKERMAN & RIVEROS 1990)

Art	beschrieben von	Niederschlagsanspruch [mm a <sup>-1</sup> ]
<i>Andropogon gayanus</i> *	Kunth.	800-1600
<i>Aristida adscensionis</i>	Linn.	300-380
<i>Axonopus compressus</i> *	(Swartz) Beauv.	> 750
<i>Brachiaria brizantha</i> *	Stapf	> 500
<i>Brachiaria mutica</i> *	(Forsk.) Stapf	> 900
<i>Cenchrus biflorus</i>	Roxb.	400-500
<i>Cenchrus ciliaris</i> *	Linn.	300-900
<i>Cenchrus setigerus</i> *	Vahl	≥ 200
<i>Chloris gayana</i> *	Kunth.	600-1200
<i>Chloris virgata</i>	Sw.	500-750
<i>Cynodon dactylon</i> *	(L.) Pers.	400-1200
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	(L.) Willd.	400-1500
<i>Digitaria decumbens</i> *	Stent.	900-1900
<i>Eleusine indica</i>	(L.) Gaertn.	500-1200
<i>Eragrostis curvula</i> *	(Schrud.) Nees	550-1700
<i>Heteropogon contortus</i> *	(L.) Beauv. ex Roem. & Schult.	500-1500
<i>Hyparrhenia rufa</i> *	(Nees) Stapf	600-1400
<i>Loudetia simplex</i> *	(Nees) Hubb.	750-1000
<i>Panicum maximum</i> *	Jacq.	550-700
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Trin.	500-650
<i>Setaria sphacelata</i> *	(Schumach.) Stapf & Hubb.	500-750
<i>Themeda triandra</i> *	Forsk.	625-900

PÄTZOLD (1978) nennt für Trockengebiete mit Sommerregen folgende wichtige Gräser (cf. HOUÉROU 1989: 78ff.):

- mesophile Arten: *Brachiaria distichophylla* (Trin.) Stapf syn. *villosa* Vanderyst, *B. lata* (Schumach.) Hubb., *B. xantholeuca* (Hack & Schinz) Stapf, *Dactyloctenium aegyptium*, *Digitaria gayana* (Kunth) Stapf ex Chev., *Panicum walense* Mez., *Schizachyrium brevifolium* (Sw.) Nees ex Büse, *Setaria pallidefusca* (Schumach.) Stapf & Hubb.,
- xerophile Arten: *Andropogon fastigiatus* Sw., *Aristida mutabilis* Trin. & Rupr., *Cenchrus biflorus*, *Ctenium elegans* Kunth., *Eragrostis tremula*<sup>±</sup>\* Hochst. & Steud.,

\* perennierend; <sup>±</sup>\* kurzfristig überdauernd

- weitere Arten: *Andropogon pseudapricus* Stapf, *Diheteropogon hagerupii* Hitchc., *Hyparrhenia cyanescens*\* (Stapf) Stapf, *H. involucrata* Stapf, *Pennisetum pedicellatum*, *P. subangustum* Stapf & Hubb.

Tab. A8.2 Überblick über wichtige Weide- und Futterleguminosen der trockenen Tropen mit Sommerregen (BOGDAN 1977, LEGEL 1990b, SKERMAN *et al.* 1988, GLATZLE 1990)

Art	beschrieben von	Niederschlagsanspruch [mm a <sup>-1</sup> ]
<i>Alysicarpus monilifer</i>	(L.) DC	300-400
<i>Centrosema pubescens</i> *	Benth.	> 750
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> <sup>±</sup> *	(Pers.) Greene	> 600
<i>Desmodium intortum</i> <sup>*1</sup>	(Mill.) Urban.	900
<i>Lablab purpureus</i> <sup>±</sup> *	(L.) Sweet	> 500
<i>Macroptilium atropurpureum</i> *	(DC) Urban.	750-1600
<i>Macrotyloma axillaris</i> *	(Meyer) Verdc.	> 700
<i>Neonotonia wightii</i> *	(Wight & Arn.) Lack.	> 700
<i>Stylosanthes capitata</i> *	Vogel	500-1500
<i>Stylosanthes fruticosa</i> *	(Retz.) Alston	300-1000
<i>S. guianensis</i> var. <i>intermedia</i> *	(Aubl.) Sw. (Vog.) Hassl.	> 650
<i>Stylosanthes hamata</i> <sup>±</sup> *	(L.) Taub.	500-1300
<i>Stylosanthes humilis</i> <sup>±</sup> *	Kunth.	> 550
<i>Stylosanthes scabra</i> *	Vogel	> 500
<i>Vigna unguiculata</i>	(L.) Walp.	750-1000
<i>Zornia glochidiata</i>	DC	520

<sup>1</sup> cf. HEADY & HEADY (1982)

PÄTZOLD (1978) nennt für diese Trockengebiete folgende wichtige Arten (cf. HOUÉROU 1980, 1989: 78ff.):

- krautige Leguminosen: *Alysicarpus ovalifolius*, *Crotalaria macrocalyx* Benth., *Desmodium setigerum*\* (Meyer) Harv., *Stylosanthes fruticosa*\*, *Tephrosia bracteolata* Guill. & Perr., *T. linearis* (Willd.) Pers., *T. lupinifolia*\* DC, *T. pedicellata*<sup>±</sup>\* Baker, *Zornia glochidiata*,
- (± krautige) Nichtleguminosen: *Blepharis linariifolia* Pers. (Acanthaceae); *Pandiaka heudelotii* (Moq.) Hiern. (Amaranthaceae); *Jacquemontia tamnifolia* (L.) Griseb., *Merremia pinnata* (Hochst. ex Choisy) Hall.f., *M. tridentata* (L.) Hall.f. (Convolvulaceae); *Chrozophora senegalensis*\* (Lam.) Juss. (Euphorbiaceae); *Hibiscus asper*<sup>±</sup>\* Hook.f. (Malvaceae); *Spermacoce stachydea* DC, *Mitracarpus hirtus* (L.) DC (Rubiaceae),

\* perennierend; <sup>±</sup> kurzfristig überdauernd

- Gehölze: *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (*Balanitaceae*); *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst., *Tamarindus indica* Linn. (*Caesalpinioideae*); *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. (*Capparaceae*); *Combretum glutinosum* Perr. ex DC, *Guiera senegalensis* Gmel., *Terminalia avicennioides* Guill. & Perr. (*Combretaceae*); *Pterocarpus erinaceus* Poir. (*Papilionoideae*); *Khaya senegalensis* (Desr.) Juss. (*Meliaceae*); *Acacia macrostachya* DC, *Faidherbia albida* (Del.) Chev. (*Mimosoideae*); *Ficus sycomorus* Linn. ssp. *gnaphalocarpa* (Miq.) Berg (*Moraceae*); *Ziziphus mauritania* Lam. (*Rhamnaceae*).

### List of tables and charts

Tab. 2.1 Mean air temperatures [°C] at different measuring points near the Zamfara Grazing Reserve (WALTER *et al.* 1960, JACKSON 1961, PAPADAKIS 1965, RUDLOFF 1981)

Tab. 2.2 Mean soil temperatures [°C] measured at different soil depths at Gusau (12° 17' North; KOWAL & KASSAM 1978)

Tab. 2.3 Precipitation [mm] at Faru station (12° 55' North), northern Zamfara region (January 1993 to December 1996)

Tab. 2.4 Components of the water household in the Sudan savanna (width of the climatic zone *ca.* 240 km, after KOWAL & KASSAM 1978)

Tab. 2.5 Physical and chemical soil features at different levels of the soil profile near Faru station (n = 3; IBRAHIM 1998)

Tab. 2.6 Frequent species of the herbal strata and the ligneous strata in the northern Zamfara Grazing Reserve (after AWODOLA *et al.* 1992/93, BIELFELDT 1993a-c, ELSHOLZ 1996b)

Tab. 2.7 Frequency distribution and soil coverage of *Senna obtusifolia* [%] in the Zamfara Grazing Reserve (after BIELFELDT 1993a)

Tab. 2.8 Major characteristics and differences of three pasture ecotypes at Faru (1992-96; personal assessment)

Tab. 3.1 Number species of the *Cassiinae* in Africa (LOCK 1988)

Tab. 3.2 Alphabetical list of the synonyms of *Senna obtusifolia*

Tab. 3.3 Discriminating features of *Senna obtusifolia* and *S. tora* (BRENAN 1967)

Tab. 3.4 Contents of crude nutrients and digestibility of protein [% DM] and energy content [MJ kg<sup>-1</sup> DM] of *Senna obtusifolia*

Tab. 3.5 Amount of important amino acids of *Senna obtusifolia* [g × 16 g<sup>-1</sup> N] (DIRAR *et al.* 1985, VIJAYAKUMARI *et al.* 1993, VADIVEL & JANARDHANAN 2002)

Tab. 3.6 Amount of important anti-nutritive substances of *Senna obtusifolia* seeds (VADIVEL & JANARDHANAN 2002)

Tab. 3.7 Physiological advantages and adaptive strategies of *Senna obtusifolia* on pasture land (ANNING *et al.* 1989, SHAW *et al.* 1989, NOITSAKIS & NASTIS 1998)

Tab. 4 Possibilities of weed control in tropical pastures

Tab. 5.1 Categories of growth heights of *Senna obtusifolia* (personal calibration)

Tab. 5.2 Temperature regime in a germination trial with *Senna obtusifolia* seeds (10 petri dishes with 10 seeds each)

Tab. 5.3 Different growth forms of *Senna obtusifolia* and mean number of pods per plant with standard errors in three pasture ecotypes in October 1993 (n = 13)

Tab. 5.4 Results of the ANOVA-F-test: Prediction of the influences of pasture ecotype and growth form on the number of pods of *Senna obtusifolia*

Tab. 5.5 Seed production of *Senna obtusifolia* [0.25 m<sup>-2</sup>] depending on growth form, growth heights and population density in three pasture ecotypes (October 1993)

Tab. 5.6 Mean values and standard errors of the number of *Senna obtusifolia* plants according to their growth heights during the vegetation phase of 1994 in the open savanna in the preliminary trial plots (n = 10; 0.25 m<sup>2</sup>)

Tab. 5.7 Mean values and standard errors of the number of *Senna obtusifolia* plants according to their growth heights during the vegetation phase of 1994 in the protected savanna in the preliminary trial plots (n = 10; 0.25 m<sup>2</sup>)

Tab. 5.8 Mean values and standard errors of the number of *Senna obtusifolia* plants according to their growth heights during the vegetation phase of 1994 in the cultivated savanna in the preliminary trial plots (n = 10; 0.25 m<sup>2</sup>)

Tab. 5.9 Results of the  $\chi^2$  test: Number of *Senna obtusifolia* plants in three pasture ecotypes in 1994 (n = 10; 0.25 m<sup>2</sup>)

Tab. 5.10 Results of Fisher's exact test: Distribution of growth heights of *Senna obtusifolia* in three pasture ecotypes in August and October

Tab. 5.11 Spearman's rank correlation for the number of *Senna obtusifolia* plants depending on growth heights in three pasture ecotypes for the months of August and October

Tab. 5.12 Results of the  $\chi^2$  test: Influence of the seed damage on the germination of *Senna obtusifolia*<sup>89</sup> (n = 3, 150 seeds)

Tab. 5.13 Results of the ANOVA-F-test: Prediction of the influences of pasture ecotype and month on the soil seed amount of *Senna obtusifolia*

Tab. 5.14 Results of the ANOVA-F-test: Prediction of the influences of pasture ecotype and month on the development of the soil seed bank of *Senna obtusifolia* (1996)

Tab. 5.15 Results of the ANOVA-F-test: Prediction of the influences of pasture ecotype and month on the development of *Senna obtusifolia* plants

Tab. 5.16 Amounts of crude nutrients of *Senna obtusifolia* leaves (STEINGAB pers. commun. 1995)

---

<sup>89</sup> seed quality: 1 whole seeds; 2 seeds destroyed by *Caryedon pallidus* larvae



Tab. 5.17 Amounts of crude nutrients and tannins of *Senna obtusifolia* leaves, pods and seeds (NASTIS pers. commun. 1996)

Tab. 5.18 Crude nutrients and digestibility of leaf material of *Senna obtusifolia* (Mopti region, Mali; EL HADJ *et al.* 2005) and *Zornia glochidiata* (Zamfara, Nigeria; SCHÄFER & NASTIS pers. commun. 1996) taken at different seasons

Tab. 6.1 Categories of soil coverage after Daubenmire [%] (*cf.* COOK & STUBBENDIECK 1986)

Tab. 6.2 Physical features of soil bulk samples [%] and pH values in three pasture ecotypes with respect to the *Senna obtusifolia* plant density in the field (1996)

Tab. 6.3 Chemical features of soil bulk samples in three pasture ecotypes with respect to the *Senna obtusifolia* plant density in the laboratory (1996)

Tab. 6.4 Number of *Senna obtusifolia* plants in three pasture ecotypes with different degrees of weed infestation in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.5 Results of the F test for nonhomogeneous variances: Differences between pasture ecotype and degree of weed infestation in the number of *S. obtusifolia* plants in June ( $n = 5$ )

Tab. 6.6 Results of the Analysis of variance: Differences between pasture ecotype and degree of weed infestation in the number of *Senna obtusifolia* plants in August ( $n = 5$ )

Tab. 6.7 Results of the ANOVA-F-test: Differences between pasture ecotype and degree of weed infestation in the number of *Senna obtusifolia* plants in October ( $n = 5$ )

Tab. 6.8 Total number of species of the herbal stratum in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.9 Number of grass species in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.10 Number of forb species in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.11 Mean number of plants of the herbal stratum (individual plants) in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.12 Mean number of grasses (individual plants) in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.13 Mean number of forbs (individual plants) in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.14 Mean number of frequent grass species in the open savanna in patches with different *Senna obtusifolia* density ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.15 Mean number of frequent forb species in the open savanna in patches with different *Senna obtusifolia* density ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.16 Mean number of frequent grass species and sedges in the protected savanna in patches with different *Senna obtusifolia* density ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.17 Mean number of frequent forb species in the protected savanna in patches with different *Senna obtusifolia* density ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.18 Mean number of frequent grass species in the cultivated savanna in patches with different *Senna obtusifolia* density ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.19 Mean number of frequent forb species in the cultivated savanna in patches with different *Senna obtusifolia* density ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.20 Mean growth heights [cm] of the herbal stratum in patches with different *Senna obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ )

Tab. 6.21 Mean growth heights [cm] of *Senna obtusifolia* in patches with different *S. obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ )

Tab. 6.22 Results of the T test for paired samples: Comparison of growth heights of the herbal stratum with that of *S. obtusifolia* in the open savanna in patches with different weed density

Tab. 6.23 Results of the T test for paired samples: Comparison of growth heights of the herbal stratum with *S. obtusifolia* in the protected savanna in patches with different weed density

Tab. 6.24 Results of the T test for paired samples: Comparison of growth heights of the herbal stratum with *S. obtusifolia* in the cultivated savanna in patches with different weed density

Tab. 6.25 Prediction of the average degree of soil coverage with *Senna obtusifolia* [%] in patches with different *S. obtusifolia* density in three pasture ecotypes in 1996 ( $n = 5$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 6.26 Results of the ANOVA-F-test: Degree of soil coverage with *S. obtusifolia* [%] after Daubenmire in three pasture ecotypes in the course of the vegetation period of 1996 ( $n = 20$ )

Tab. 7.1 Results of the ANOVA-F-test: Comparison of the degree of soil coverage with *Senna obtusifolia* of October 1993 with October 1994 in the preliminary trial plots in three pasture ecotypes ( $n = 39$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.2 Results of the ANOVA-F-test: Comparison of the degree of soil coverage with *Senna obtusifolia* of October 1993 with October 1995 in the preliminary trial plots in three pasture ecotypes ( $n = 39$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.3 Results of the ANOVA-F-test: Comparison of the degree of soil coverage with *Senna obtusifolia* of October 1993 with October 1996 in the preliminary trial plots in three pasture ecotypes ( $n = 39$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.4 Number of replications of the treatments and plots ( $n$ ) in order to control *Senna obtusifolia* in three pasture ecotypes in the field trial (1994)

Tab. 7.5 Development of *Andropogon gayanus* in the field trial plots of the open and the protected savanna in comparison to *Senna obtusifolia* seedlings and *S. obtusifolia* growing plants from 1994 to 1996 in the same plots ( $n = 3$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.6 Spearman's rank correlation for the number of *Andropogon gayanus* and *Senna obtusifolia* in the open and the protected savanna ( $n = 3$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.7 Development of *Pennisetum pedicellatum* in the field trial plots of the open and the protected savanna in comparison to *Senna obtusifolia* seedlings and *Senna obtusifolia* growing plants from 1994 to 1996 in the same plots ( $n = 3$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.8 Spearman's rank correlation for the number of *Pennisetum pedicellatum* and *Senna obtusifolia* in the open and the protected savanna ( $n = 3$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.9 Results of the ANOVA-F-test: Comparison of the *S. obtusifolia* density of November 1994 with November 1995 in the field trial plots in three pasture ecotypes ( $n = 108$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.10 Results of the ANOVA-F-test: Comparison of *S. obtusifolia* density of November 1994 with November 1996 in the field trial plots in three pasture ecotypes ( $n = 108$ ;  $0.25 \text{ m}^2$ )

Tab. 7.11 Relationship between the phenology of *Senna obtusifolia* and general options for weed control (HIDEUX 1984, ANNING *et al.* 1989, GREAVES 1993, SKEA 1996d)

Chart 3 Plant systematic relationship of *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby

### List of figures

Fig. 2.1 Location of the Zamfara Grazing Reserve in Northwest Nigeria (after FS 1959, ABDU *et al.* 1982, *cf.* FELSMANN *et al.* 1994)

Fig. 2.2 Map of the Zamfara Grazing Reserve (after LELY 1918 quoted in BIELFELDT 1993a) with depiction of the location of the experimental areas around Faru station

Fig. 2.3 Vegetation structure and land use in the Zamfara Grazing Reserve (simplified after HOF 2000)

Fig. 2.4 Mean daily air temperatures and relative air humidity in the northern part of the Zamfara Grazing Reserve, January 1993 to December 1996 (Monthly mean from daily measurements, Gidan Jaja station)

Fig. 2.5 Mean distribution of monthly rainfall [mm] during 1993-96 in Faru, northern Zamfara

Fig. 3.1 Occurrence and world wide distribution of *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby and *S. tora* (L.) Roxburgh (after ILDIS 2001)

Fig. 3.2 *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (after RANDELL 1988, NRM 2001b)

Fig. 5.1 Measuring points of the soil seed bank of *Senna obtusifolia* (valid for all plots,  $3 \text{ m}^2$ )

Fig. 5.2 Plot of the biology study with measuring points of the *S. obtusifolia* density [ $25 \text{ m}^2$ ]

Fig. 5.3 Soil seed amount of *Senna obtusifolia* in three pasture ecotypes [25 × 25 × 10 cm] from October 1993 (n = 13) and May 1994 until October 1996 (n = 25)

Fig. 5.4 Comparison of the total seed amount of *Senna obtusifolia* in the soil of three pasture ecotypes (25 × 25 × 10 cm) at the beginning and the end of the dry season from October 1993 (n = 10, n<sub>0</sub> = 3) and May 1994 until October 1996 (n = 15, n<sub>0</sub> = 10)<sup>90</sup>

Fig. 5.5 Number of seeds of *Senna obtusifolia* in the soil during the vegetative period (1996) in the open and in the protected savanna (n = 5; 25 × 25 × 5 cm)

Fig. 5.6 Seedlings (2-leaf phase) and growing plants of *Senna obtusifolia* in three pasture ecotypes 1995 and 1996 (2 years mean, n = 5; 0.25 m<sup>2</sup>)

Fig. 5.7 Phenology of *Senna obtusifolia* during one year (empty symbols: germination and growth depending on rainfall, foliage green until November, respectively)

Fig. 6.1 Comparison of the herbal strata of three pasture ecotypes: Abundance in relation to bare soil and growth height (n = 5; 0.25 m<sup>2</sup>; June, August and October 1996)

Fig. 6.2 Degree of soil coverage with *Senna obtusifolia* [%] after Daubenmire in three pasture ecotypes (n = 20) in the course of a vegetation period (1996)

Fig. 7.1 Total number of *Senna obtusifolia* plants in the weeding and cutting variants (n = 5, n<sub>0</sub> = 3; 0.25 m<sup>2</sup>)<sup>91</sup> in the open savanna (A) and in the protected savanna (B) in the preliminary trial plots from 1993-96

Fig. 7.2 Total number of *Senna obtusifolia* plants in the weeding and cutting variants (n = 5, n<sub>0</sub> = 3; 0.25 m<sup>2</sup>)<sup>91</sup> in the cultivated savanna in the preliminary trial plots from 1993-96

Fig. 7.3 Mean number of *Senna obtusifolia* plants in the treated field trial plots of the open savanna (n = 57; 0.25 m<sup>2</sup>)

Fig. 7.4 Mean number of *Senna obtusifolia* plants in the treated field trial plots of the protected savanna (n = 57; 0.25 m<sup>2</sup>)

Fig. 7.5 Mean number of *Senna obtusifolia* plants in the field treated trial plots of the cultivated savanna (n = 51; 0.25 m<sup>2</sup>)

Fig. 7.6 Number of *Senna obtusifolia* plants in the weeding variants (n<sub>1-3</sub> = 6, n<sub>m</sub> = 3, n<sub>0</sub> = 6; 0.25 m<sup>2</sup>)<sup>91</sup> of the field trial plots in the open savanna in 1994

Fig. 7.7 Number of *Senna obtusifolia* plants in the weeding variants (n<sub>1-3</sub> = 6, n<sub>m</sub> = 3, n<sub>0</sub> = 6; 0.25 m<sup>2</sup>)<sup>91</sup> of the field trial plots in the open savanna in 1996

<sup>90</sup> treatments: n<sub>1</sub> = at the beginning of the rains, n<sub>2</sub> = maximum of the rains, n<sub>3</sub> = end of the rains (1-3 single), n<sub>m</sub> = during the rains June-October (repeated each month), n<sub>0</sub> = untreated reference plot

Tab. N1 *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby in der (botanischen) Literatur

## • prä-Linné Literatur: ...-1753

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
1648	Marggraf	Hist. Plant. p. 10*	<i>Tareroqui brasiliensibus</i> , ..., Mata-pasto	Brasilien
1686	Ray	Hist. Plant. I: 912*	<i>Orobis brasiliensis</i> , ..., Metapasto	Brasilien
1688	Ray	Hist. Plant. II: 1743*	<i>Paioniobis</i> ... foliis <i>obtusis</i>	Brasilien
1696	Plukenet	Alm. Bot. p. 342*	<i>Sen[n]a occidentalis</i> foliis <i>obtusis</i> , ..., Metapasto	Brasilien
1696	Sloane	Cat. Plant. I: 148*	<i>Sen[n]a minor</i> ... folio <i>obtusis</i>	Jamaika
1703	Plumier	Cat. Plant. Am. p. 18*	<i>Cassia foetida</i> foliis <i>obtusis</i>	Karibik
1719	Tournefort	Inst. Rei Herb. I: 619*	<i>Cassia americana</i> ... foliis <i>obtusis</i>	
1720	Boerhaave	Index alter Plant. II: 57*	<i>Senna occidentalis</i> foliis <i>obtusis</i>	
1732	Dillen <sup>1</sup>	Hort. Elth. p. 71*	<i>Cassia foetida</i> , foliis <i>sennae italicae</i>	
1741	Burman	Herb. Amboin. V: 283*	<i>Gallinaria rotundifolia</i>	Indonesien

## • Linné bis Bentham: 1753-1871

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
1753	Linné	Spec. Plant. I: 377	<i>Cassia obtusifolia</i>	
1775	Forskål	Flora Aeg.-Arab. p. 86	<i>Cassia sunsub?</i>	Jemen
1783	Lamarck	Encycl. Meth. Bot. I: 644	<i>Cassia obtusifolia</i>	
1793	Loureiro	Flora Coch. I: 323*	<i>Cassia obtusifolia</i>	Vietnam
1799	Willdenow	Spec. Plant. II, 1: 516	<i>Cassia obtusifolia</i>	
1805	Persoon	Synops. Plant. Ench. I: 456	<i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Cassia tora</i> var. $\beta$ <i>humilis</i> ... Plum[ier]	
1816	Colladon	Hist. nat. méd. Casses p. 95	<i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Cassia humilis</i>	
1823	Humboldt <i>et al.</i>	Nova Gen. Spec. Pl. VI: 354*	<i>Cassia tora</i>	Kolumbien
1825	Candolle	Prodr. Syst. Nat. II: 493	<i>Cassia obtusifolia</i>	
1828	Rafinesque <sup>2</sup>	Med-Bot. 96	<i>Cassia toroides</i>	
1832	Roxburgh <sup>3</sup>	Flora India II: 341	<i>Senna toroides</i>	Indien
1834	Wight & A <sup>4</sup>	Prodr. Fl. Pen. Ind. Or. p. 291	<i>Cassia tora</i> var. $\beta$	Indien
1835	Richter	Syst. Gen. Spec. Plant. p. 393*	<i>Cassia obtusifolia</i>	
1837	Vogel	Gen. Synops. Cassiea p. 24	<i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Cassia humilis</i>	
1849	Hooker <sup>5</sup>	Niger Fl. p. 126, 324	<i>Cassia obtusifolia</i>	W Afrika
1864	Grisebach <sup>6</sup>	Flora Brit. W Ind. Isl. p. 209	<i>Cassia obtusifolia</i> syn. <i>tora</i>	Karibik
1871	Oliver	Flora Trop. Afr. II: 269	<i>Cassia tora</i>	Afrika

<sup>1</sup> Lectotyp <sup>2</sup> zit. in RUDD (1991: 84) <sup>3</sup> cf. *ibid.* (1971) <sup>4</sup> zit. in WIT (1955: 254) <sup>5</sup> cf. WEBB bzw. HOOKER & BENTHAM (1966) <sup>6</sup> cf. *ibid.* (1963) \* Literaturverzeichnis im Anschluss an die Tabelle

• Bentham bis Brenan: 1871-1958

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
<b>1871</b>	Bentham	Trans-Linn-Soc. 27: 535	<i>C. tora</i> L. und <i>C. obtusifolia</i> L. zu <i>Cassia tora</i> zusammengefasst	
1878	Baker	Flora Brit. Ind. II: 263	<i>Cassia tora</i> syn. <i>obtusifolia</i>	Indien
1880	Vatke	Oest-Bot-Zeit. 30: 79*	<i>Cassia tora</i> sensu Oliver	O Afrika
1892	Henriques	Bol-Soc-Brot. 10: 116	<i>Cassia tora</i>	São Thomé
1894	Taubert	Pflanzenfamilien III, 3: 159*	<i>Cassia tora</i> sensu Bentham	
1896	Hiern	Cat. Afr. Pl. Welw. I: 292*	<i>Cassia tora</i>	Angola
1912	Koorders	Exk.-flora Java II: 369	<i>Cassia obtusifolia</i>	Indonesien
1915	Engler	Charakt.-pfl. Afr. III, 1: 497	<i>Cassia tora</i>	Afrika
1920	Britt. & M. <sup>1</sup>	Bahama Flora p. 166	<i>Cassia tora</i> syn. <i>obtusifolia</i>	Bahamas
1921	Hutchinson	Bull-Misc-Inf. p. 370	<i>Cassia tora</i>	Nigeria
1922	Haines <sup>2</sup>	Flora Bihar Orissa p. 304	<i>Cassia tora</i> var. <i>obtusifolia</i>	Indien
1922	Ridley	Flora Malay Pen. I: 618	<i>Cassia obtusifolia</i>	Malaysia
1923	Warburg	Pflanzenwelt II: 181	<i>Cassia tora</i>	
1924	Britton & Wilson	Bot. Porto Rico V, 3: 371	<i>Emelista tora</i> syn. <i>Cassia obtusifolia</i>	Puerto Rico
1925	Engler	Pfl.-verbreit. Afr. V, 1: 14, 93 (a); 28, 37, 84, 92, 94, etc. (b)	<i>Cassia obtusifolia</i> (a) und <i>Cassia tora</i> (b) als getr. spp. genannt	Afrika
1930	Baker	Legum. Trop. Afr. III: 636	<i>Cassia tora</i> syn. <i>contorta</i> Vogel	Afrika
1933	Small	Man. SE Fl. Florida ... p. 660*	<i>Emelista tora</i> syn. <i>Cassia tora</i>	USA
1936	Kashyap	Lahore Distr. Flora p. 99	<i>Cassia obtusifolia</i>	Indien
1937	Koorders	Exk.-flora Java IV: 910	<i>Cassia obtusifolia</i>	Indonesien
1937	Dinklage	Flora Liberia p. 251	<i>Cassia tora</i>	Liberia
1937	Dalziel	Useful Plants WTA p. 183	<i>Cassia tora</i>	W Afrika
1940	Trochain	Mém-IFAN 2: 156ff., 367	<i>Cassia tora</i>	Senegal
1946	López	Ens. Geobot. Guinea p. 295	<i>Cassia tora</i>	Equ. Guinea
1950	Aubréville	Flore Soud-Guin. p. 223ff.	<i>Cassia tora</i>	Kamerun
1952	Andrews	Flow. Plants Sudan II: 114	<i>Cassia tora</i>	Ägypten, Sudan
1952	Steyaert	Flore Congo Belge III: 512	<i>Cassia tora</i>	DR Kongo
1952	Mall	Bull-Bot-Soc. 5: 6ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Ökologie)	Indien
1955	Wit	Webbia 11: 254-256	<i>Cassia obtusifolia</i>	Malaysia
1956	Mend. & T.	Consp. Florae Angol. II: 180	<i>Cassia tora</i>	Angola
1958	Hutchinson & Dalziel	FWTA I, 2: 455	<i>Cassia tora</i> sensu Benth. syn. <i>rogeonii</i> Ghesq. (1934) <sup>3</sup>	W Afrika

<sup>1</sup> cf. *ibid.* (1962) <sup>2</sup> cf. *ibid.* (1961) <sup>3</sup> cf. HAAG-BERRURIER *et al.* (1977) \* Literaturverzeichnis im Anschluss an die Tabelle

• Brenan bis Irwin & Barneby: 1958-1982

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
<b>1958</b>	Brenan	Kew-Bull. 13: 248ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Separation von <i>Cassia tora</i> )	O Afrika
1960	Carv. & G.	Cat. Plant. Ennedi p. 51	<i>Cassia tora</i>	Tschad
1960	Frahm-Lel.	Acta-Bot-Neerl. 9: 327ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	W Afrika
1960	Irwin & T.	Am-J-Bot. 47: 309ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	Amerika
1961	Cave	Index Pl. Chrom. 5: 44	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	
1962	White	Forest Flora N Rhodesia p. 120	<i>Cassia obtusifolia</i> syn. <i>tora</i> auct. non L.	Sambia
1963	Back. & B.	Flora Java I: 539-540	<i>Cassia obtusifolia</i>	Indonesien
1963	Gleas. & C.	Man. NE US p. 397	<i>Cassia tora</i> syn. <i>Emelista tora</i>	USA
1965	Gooding <i>et al.</i>	Flora Barbados p. 179	<i>Cassia obtusifolia</i>	Barbados
1966	Symon <sup>1</sup>	Trans-Roy-Soc-S-Austr. 90: 93	<i>Cassia obtusifolia</i>	Australien
1967	Berhaut	Flore Sénégal p. 55	<i>Cassia tora</i>	Senegal
1967	Brenan	FTEA p. 77	<i>Cassia obtusifolia</i>	O Afrika
1967	Merxmüller	Prodr. Flora SWA 59: 10ff.	<i>Cassia obtusifolia</i>	Namibia
1968	Aubréville	Flore Gabon XV: 53-54	<i>Cassia obtusifolia</i>	Gabun
1968	Singh	Current-Sci. 37: 381ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Artunterscheidung von <i>Cassia tora</i> )	Indien
1968	Subraman	Current-Sci. 37: 493ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Chemie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Indien
1970	Aubr. & L.	Flore Cameroun IX: 64	<i>Cassia obtusifolia</i>	Kamerun
1970	Bartha	Futterpfl. Sahel p. 131	<i>Cassia obtusifolia</i>	W Afrika
1971	Löve	Taxon. 20: 349ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	Indien
1971	Serrato Val.	Webbia 26: 29*	<i>Cassia obtusifolia</i>	O Afrika
1972	Adams	Fl. Plants Jamaica p. 324	<i>Cassia obtusifolia</i>	Jamaika
1972	Cardenas <i>et al.</i>	Trop. Weeds p. 185ff.	<i>Cassia tora</i> syn. <i>Emelista tora</i>	
1973	Moore	Index Pl. Chrom. p. 233	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	Indien
1974	Federov	Chrom. N <sup>o</sup> Fl. Plants p. 290	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	
1974	Town. & G.	Flora Iraq III: 18*	<i>Cassia obtusifolia</i>	Irak
1975	Berhaut	Flore ill. Sénégal IV: 346ff.	<i>Cassia tora</i>	Senegal
1976	Wickens	Kew-Bull. p. 106	<i>Cassia obtusifolia</i>	Sudan
1977	Gordon-G.	Flora S Afr. XVI, 2: 94	<i>Cassia obtusifolia</i>	S Afrika
1978	Bhandari	Flora Ind. Desert p. 142	<i>Cassia obtusifolia</i>	Indien
1978	Ivens <i>et al.</i>	W Afr. Weeds p. 24	<i>Cassia obtusifolia</i> syn. <i>tora</i> sensu FWTa	W Afrika
1978	Takahashi <i>et al.</i>	J-Med-Pl-Res. 33: 389ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Chemie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Japan

<sup>1</sup> zit. in RANDALL (1988: 45) \* Literaturverzeichnis im Anschluss an die Tabelle

## Brenan bis Irwin &amp; Barneby: 1958-1982 (Forts.)

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
1978	Troupin	Mus-Roy-Afr-Centr. 9: 390	<i>Cassia obtusifolia</i>	Ruanda
1979	Jürgens	Krankh. Schäd. Unkr. Trop. Pfl.bau p. 602ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> syn. <i>tora</i> Fawcett & Rendle, non L.	Dominikan. Rep.
1979	Holm <i>et al.</i>	Geogr. Atl. Weeds p. 70ff.	<i>Cassia tora</i> syn. <i>obtusifolia</i> , <i>Emelista tora</i>	
1980	Yadav	Comp-Physiol-Ecol. 3: 165ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Ökologie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Indien
1981	Gill & H.	Bull-M-Nat-Hist-Nat. 3: 461ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Genetik)	Nigeria
1981	Kitanaka & Takido	Phytochem. 20: 1951ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Chemie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Japan
1982	Aké Assi	Bull-IFAN 44: 70	<i>Cassia tora</i>	Elfb.-küste
1982	Corr. & C.	Fl. Bahama Archipel. p. 622*	<i>Cassia obtusifolia</i>	Bahamas

## • post-Irwin &amp; Barneby Literatur: 1982-...

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
<b>1982</b>	Irwin & Barneby	Mem-NY-Bot-Gard. 35: 252ff.	<i>Senna obtusifolia</i> syn. <i>Cassia obtusifolia</i> (L.) ..., Matapasto	Amerika
1983	Cowan	List. Fl. México. I: 59*	<i>Senna obtusifolia</i>	Mexiko
1983	Thulin	Legum. Ethiopia p. 25	<i>Cassia obtusifolia</i>	Äthiopien
1984	Brun. <i>et al.</i>	Fl. Analyt. Togo p. 240	<i>Cassia obtusifolia</i>	Togo
1985	Kitanaka <i>et al.</i>	Chem-Pharm-Bull. 33: 1274ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Chemie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Japan
1985	Liogier	Flora Española p. 126*	<i>Senna obtusifolia</i>	Haiti, Dominikan. Rep.
1985	Marthur	Geobios-New-Rep. 4: 96ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Morphologie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Indien
1986	Breedlove	List. Fl. México. IV: 109*	<i>Senna obtusifolia</i>	Mexiko
1986	Upadhyaya & Singh	Proceed-Indian-Ac-Sci. 96: 321ff.	<i>Cassia obtusifolia</i> (Chemie, Unterschied zu <i>Cassia tora</i> )	Indien
1987	D'Arcy	Flora Panama I: 152*	<i>Senna obtusifolia</i>	Panama
1987	Lewis	Legum. Bahia p. 59*	<i>Senna obtusifolia</i> , Mata-pasto	Brasilien
1987	McVaugh	Flora Novo-Galiciana V: 96*	<i>Senna obtusifolia</i>	Mexiko
1988	Liogier	Flora Puerto Rico II: 90*	<i>Senna obtusifolia</i>	Puerto Rico
1988	Randell	J-Adelaide-Bot-Gard. 11: 19ff.	<i>Senna obtusifolia</i>	Australien
1988	Lock	Kew-Bull. 43: 340	<i>Senna obtusifolia</i>	Afrika
1989	Ber. & A.	List. Flora Salvad. I, 2: 14*	<i>Senna obtusifolia</i>	El Salvador
1989	Ghazanfar	Savanna Plants Afr. p. 64	<i>Cassia obtusifolia</i>	Afrika
1989	Polhill & T.	Flora Ethiop. III: 60	<i>Senna obtusifolia</i>	Äthiopien

\* Literaturverzeichnis im Anschluss an die Tabelle



post-Irwin &amp; Barneby Literatur: 1982-... (Forts.)

Jahr	Autor	Literatur	Bezeichnung, Bemerkung	Land
1989	Thulin	Nordic-J-Bot. 8 (5): 457-488*	<i>Senna obtusifolia</i>	Somalia
1990	Hacker	Legum. Queensld. p. 96*	<i>Cassia obtusifolia</i>	Australien
1990	Hnatuik	Austral. Vasc. Plants p. 93*	<i>Senna obtusifolia</i>	Australien
1990	Isely	Vasc. Fl. SE US III, 2: 37*	<i>Senna obtusifolia</i>	USA
1990	Swink	Vasc. Fl. NE US p. 159*	<i>Cassia tora</i> syn. <i>obtusifolia</i>	USA
1990	Wag. <i>et al.</i>	Man. Fl. Pl. Hawaii I: 700*	<i>Senna obtusifolia</i>	Hawaii
1991	Lock & S.	Legum. W Asia p. 6*	<i>Senna obtusifolia</i>	Arabien <sup>1</sup>
1991	Rudd	Handb. Fl. Ceylon p. 84ff.	<i>Cassia obtusifolia</i>	Sri Lanka
1992	Sanjappa	Legum. India p. 19*	<i>Cassia obtusifolia</i>	Indien
1993	Koning	Checklist Pl. Mozamb. p. 248*	<i>Senna obtusifolia</i>	Moçambique
1994	Thulin	Flora Somalia I: 351-352	<i>Senna obtusifolia</i>	Somalia
1995	Brako <i>et al.</i>	Names Pl. US p. 70, 228	<i>Senna obtusifolia</i>	USA
1995	Burkill	Useful Pl. WTA III: 157-160	<i>Senna obtusifolia</i>	W Afrika
1995	Randall	J-Adelaide-Bot-Gard. 16: 55ff.	<i>Senna obtusifolia</i>	
1996	Hou <i>et al.</i>	Flora Malays. XII, 2: 681	<i>Senna obtusifolia</i>	Malaysia
1997	Boggan <i>et al.</i>	Checklist Pl. Guianas p. 74*	<i>Senna obtusifolia</i>	Guyana - Frz. Guayana
1997	Holm <i>et al.</i>	World Weeds p. 158ff.	<i>Cassia tora</i> syn. <i>obtusifolia</i>	
1997	Retief & H.	Plants N Prov. S Afr. p. 426	<i>Senna obtusifolia</i>	Südafrika
1998	Barneby	Flora Venezuel. IV: 108*	<i>Senna obtusifolia</i>	Venezuela
1998	Bhattach. & Johri	Flowering Plants p. 629	<i>Cassia obtusifolia</i> (Morphologie, Unterschiede zu <i>Cassia tora</i> )	Indien
1998	Ross	Flora Austral. XII: 137	<i>Senna obtusifolia</i>	Australien
1999	Aedo <i>et al.</i>	Flora Guinea Ec. p. 299	<i>Cassia obtusifolia</i>	Equ. Guinea
2001	Hanelt	Mansfeld Encycl. 2: 563	<i>Senna obtusifolia</i>	
2002	Puy	Legum. Madag. p. 89	<i>Senna obtusifolia</i>	Madagaskar
2002	Vidigal	Flora Cabo Verde p. 27ff.	<i>Senna obtusifolia</i>	Kap Verde
2003	Glen	Pl. S. Afr. Strelitzia 14: 549	<i>Senna obtusifolia</i>	Südafrika
2004	Silva <i>et al.</i>	SABONet Rep. 30: 150	<i>Senna obtusifolia</i>	Moçambique
2005	Phiri	SABONet Rep. 32: 54	<i>Senna obtusifolia</i>	Sambia
2005	Mapaura <i>et al.</i>	SABONet Rep. 33: 44	<i>Senna obtusifolia</i>	Simbabwe
2005	Setshogo	SABONet Rep. 37: 72	<i>Senna obtusifolia</i>	Botswana
2005	Pauwels	Spermatoph. Env. Kinsh. p. 73	<i>Senna obtusifolia</i>	DR Kongo
2006	Emms & B.	Prov. Checklist Gambia p. 105	<i>Senna obtusifolia</i>	Gambia

<sup>1</sup> Irak, Jemen, Oman \* Literaturverzeichnis im Anschluss an die Tabelle

cf. ILDIS (2004) akzeptierte Namen, Synonyme, Taxonomie, umgangssprachliche Bezeichnungen, Kurzbeschreibung, Verwendung, geographische Verbreitung, ökologisches Vorkommen in Afrika, Literatur.

## Literaturverzeichnis (sofern nicht im Hauptverzeichnis aufgeführt)

- Barneby, R.C. 1998. *Senna* Mill. in: Steyermark, J.A.; Berry, P.E.; Holst, B.K. Flora of the Venezuelan Guayana. vol. 4. *Caesalpiniaceae—Ericaceae*. St. Louis, MO: Missouri-Bot-Garden-Press: 101-113.
- Berendsohn, W.G.; Araniva de Gonzales, A.E. 1989. *Dicotyledonae, Leguminosae*. in: Berendsohn, W.G. (ed.) Listado básico de la flora Salvadorensis. Cuscatlania. Publ-Flora-Salvad. San Salvador. 1 (2): 1-16.
- Boerhaave, H. 1720. *Index alter plantarum quae in Horto Academico Lugduno-Batavo aluntur conscriptus etc.* p.2. Leiden. *Sumpt. auct. & vander Aa*. 270 p.
- Boggan, J. *et al.* 1997. Checklist of plants of the Guianas. (Guyana, Surinam, French Guiana) 2<sup>nd</sup> edn. Georgetown. Centre-Study-Biol-Diversity. Univ-Guyana. 381 p.
- Breedlove, D.E. 1986. Flora de Chiapas. in: Listados florísticos de México. IV. México. Univ-Nacion-Autón-México. 90-112. [246 p.]
- Burman, J. ed. *posthum.* [Rumpf, G.E.] 1769. *Herbarium Amboinense plurimas complectens arbores, frutices, herbas, plantas terrestres et aquaticas, quae in Ambionia et adjacentibus reperiuntur insulis.* tom. 5. Amsterdam. [283]
- Correll, D.S.; Correll, H.B. 1982. Flora of the Bahama Archipelago (including the Turks and Caicos Islands). Vaduz. Cramer. 1692 p.
- Cowan, C.P. 1983. Flora de Tabasco. in: Listados florísticos de México. I. México. Univ-Nacion-Autón-México. 47-61. [123 p.]
- D'Arcy, W.G. 1987. Flora of Panama. Checklist and index. pt. 1. The introduction and checklist. Monogr-Syst-Bot-Missouri-Bot-Garden. St. Louis, MO: 325 p.
- Dillen, J.J. 1732. *Hortus elthamensis seu plantarum rariorum quas in horto suo elthami in cantio coluit vir Ornatissimus et Praestantissimus J. Sherard.* London. *Sumpt. auctoris*: 1-206.
- Haag-Berrurier, M.; Garnier, P.; Anton, R. 1977. Etude chimique du *Cassia rogeoni*. Planta-Med. Zeitschr-Arzneimittelforsch. Stuttgart. Hippokrates. 31 (1): 201-211.
- Hacker, J.B. 1990. A guide to herbaceous and shrub legumes of Queensland. St. Lucia. Univ-Qld-Press. 351 p.
- Hiern, W.P. 1896. Catalogue of the African plants collected by F. Welwitsch in 1853-61. Dicotyledons. pt. 1. London. Longmans. Brit-Museum (Natur-Hist.) 336 p.
- Hnatiuk, R.J. 1990. Census of Australian vascular plants. Austral-Flora-Fauna-Series. 11. Canberra. Austr-Govm-Publ-Service. 650 p.
- Humboldt von, A.; Bonpland, A.; Kunth, C.S. 1823. *Nova Genera et Species Plantarum quas in peregrinatione ad plagam aequinoctialem orbis novi collegerunt, descripserunt, partim adumbraverunt.* tom. 6. (Botanique) Paris. Gide-Bibliopolam. 542 p.

- Isely, D. 1990. *Leguminosae (Fabaceae)*. in: Massey, J.R. *et al.* (eds.) Vascular flora of the southeastern United States. vol. 3, pt. 2. Chapel Hill, NC: Univ-NC-Press. 258 p.
- Koning de, J. 1993. Checklist of vernacular plant names in Mozambique. Registo de nomes vernáculos de plantas em Moçambique. Wageningen-Univ-Papers. Wageningen. Agric-Univ. 93-2: 274 p.
- Lewis, G.P. 1987. Legumes of Bahia. Kew. Royal-Bot-Gardens. 369 p.
- Liogier, A.H. 1985. La flora de la Española. vol. III. in: Veloz Maggiolo, M. *et al.* (eds.) Serie Científica. 22. San Pedro de Macorís. Universidad Central del Este. Taller. 431 p.
- Liogier, A.H. 1988. *Leguminosae to Anacardiaceae*. in: Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands. *Spermatophyta*. vol. II. Rio Piedras Univ-PR. 481 p.
- Lock, J.M.; Simpson, K. 1991. Legumes of West Asia: A checklist. Kew. Royal-Bot-Gards. 263 p.
- Loureiro de, J. 1793. *Flora Cochinchinensis, sistens plantas in Regno Cochinchina nascentes; quibus accedunt aliae observatae in Sinensi Imperio, Africa orientali, Indiaeque locis variis; etc. Denuo in Germania edita cum notis* C.L. Willdenow. tom. 1. Berlin. Haude & Spener: 1-432.
- Marggraf, G. 1648. *Historiae Plantarum*. in: Piso, W. *Historia naturalis Brasiliae, in qua non tantum plantae et animalia, sed et indigenarum morbi, ingenia et mores describuntur et iconibus supra quingentas illustrantur*. Leiden; Amsterdam. Hack; Elzevir. 293 p.
- McVaugh, R. 1987. *Leguminosae*. in: Flora Novo-Galiciana: A descriptive account of the vascular plants of western Mexico. vol. 5. Ann Arbor, MI: Univ-Press. 786 p.
- Plukenet, L. 1696. *Almagestum botanicum sive phytographiae Pluc'netianae onomasticon methodo synthetiâ digestum exhibens stirpium exoticarum, rariorum, novarumque nomina, quae descriptionis locum supplere possunt*. London. Sumptibus auctoris. 402 p.
- Plumier, C. 1703. *Nova plantarum Americanarum genera, ... 52 p., Catalogus plantarum Americanarum, quarum genera in institutionibus rei herbariae jam notae sunt, etc.* 21 p. Paris. Boudot. 40 tt.
- Ray, J. 1686. *Historia plantarum species hactenus editas aliasque insuper multas noviter inventas & descriptas complectens*. tom. 1. London. Clark. Faithorne: 1-984.
- Ray, J. 1688. *Historiae plantarum: cum duplici indici; generali altero nominum & synonymorum praecipuorum; altero affectuum & remediorum: accessit nomenclator botanicus anglo-latinus*. tom. 2. London. Clark. Faithorne: 985-1928.
- Richter, H.E. (ed.) 1835. *Caroli Linnaei – Systema, genera, species plantarum. uno vol. Editio critica, adstricta, conferta sive Codex botanicus Linnaeus*. Leipzig. Wigand. 1102 p.
- Sanjappa, M. 1992. Legumes of India. Dehra Dun. 338 p.

- Serrato Valenti, G. 1971. *Adumbratio florum Aethiopicarum*. 22. *Caesalpiniaceae* - Gen. *Cassia*. Webbia. Racc-Scritt-Bot. Firenze. Istit-Bot-Univ. 26: 1-99. (con 31 fig. e 10 carte)
- Sloane, H. 1696. *Catalogus plantarum, quae in Insula Jamaica sponte proveniunt, vel vulgò coluntur, cum earundem synopsis & locis natalibus adiectis aliis quibusdam quae in Insulis Maderae, Barbados, Nieve, & Sancti Christophori nascuntur. Historia Naturalis Jamaicae*. p.1. London. Brown. Temple-Bar. 232 p.
- Small, J.K. 1933. Manual of the southeastern flora being descriptions of the seed plants growing naturally in Florida, Alabama, Mississippi, eastern Louisiana, Tennessee, North Carolina, South Carolina and Georgia. Chapel Hill, NC: Univ-North-Carolina-Press. 1554 p.
- Swink, F.A. 1990. The key to the vascular flora of the northeastern United States and southeastern Canada. Flossmoor, IL: Plantsmen-Publ. 513 p.
- Taubert, P. 1894. *Leguminosae*. in: Engler, A.; Prantl, K. Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten insbesondere den Nutzpflanzen. III. Teil. 3. Abt. (*Rosaceae*; *Connaraceae*; *Leguminosae*) Leipzig. Engelmann: 70-388.
- Thulin, M. 1989. New and noteworthy legumes from NE tropical Africa. *Nordic-J-Bot.* København. 8 (5): 457-488.
- Tournefort de, J.P. 1719. *Institutiones rei herbariae. Editio tertia*. tom. I. Paris. Typograpia Regia. 695 p.
- Townsend, C.C.; Guest, E. 1974. *Leguminales*. in: Min-Agric-Agrar-Reform. (ed.) Flora of Iraq. vol. 3. Baghdad. 662 p.
- Vatke, W. 1880. *Plantas in itinere africano ab J.M. Hildebrandt collectas determinare pergit W. Vatke*. *Oesterr-Bot-Zeitschr.* Wien. 30 (3): 77-82.
- Wagner, W.L.; Herbst, D.R.; Sohmer, S.H. 1990. Manual of the flowering plants of Hawai'i. rev. edn. vol. 1. Honolulu, HI: Bishop Museum Special Publ. 97. 988 p.

## **Dank und Anerkennung**

Herrn Prof. Dr. J. Steinbach für die Stellung des Themas und die umfassende Betreuung,

Herrn Prof. Dr. B. Honermeier für die Übernahme des Koreferats,

Herrn Dr. M. Hollenhorst (Hochschulrechenzentrum) für die statistische Beratung,

den Mitgliedern der Fachgebiete Nutztierökologie, Pflanzenbau, Ökologischer Landbau und Botanik sowie Ökotrophologie der Liebig-Universität Giessen für vielfältige Unterstützung,

der Belegschaft der Landwirtschaftlichen Fakultät der Dan’Fodiyo-Universität in Sokoto unter der Leitung von Alhaji Prof. Dr. H.M. Tukur und die Mitarbeiter des „SEP“-Programms, besonders Herrn I.W. Skea und seiner Frau, für ihre Gastfreundschaft und Hilfe,

den Menschen von Faru für die herzliche Aufnahme und unentbehrliche Unterstützung bei den Feldversuchen, ganz besonders meinem Freund Aminu Garba,

Herrn Prof. Dr. A. Nastis (Aristoteles-Universität Thessaloniki) und Herrn Dr. H. Steingäß (Universität-Hohenheim Stuttgart) für die Futtermittelanalytik,

Herrn Prof. Dr. R.C. Barneby (Botanischer Garten New York), Frau Prof. Dr. C.L. Jolls (North Carolina State Universität), Frau Dr. M.B. El Hadj (Technische Universität Virginia), Herrn Prof. Dr. P. Hiernaux (ILRI, Int-Livestock-Res-Inst. Niamey) und Herrn Prof. Dr. A.A. Elujoba (Universität Ile Ife) für hilfreiche Ergänzungen und weiterführende Diskussion,

Herrn Prof. Dr. H. Pätzold von der Universität Rostock für sein persönliches Engagement, allen (besonders Herrn M. Schaefer), die bei der Bildbearbeitung (Abb. 2.1-2.3, 3.1, 3.2) geholfen haben,

an die Europäische Union für die finanzielle Förderung der Feldstudien in Nigeria durch Mittel des STD-3,

und zutiefst an meine Eltern, meine Schwester mit Familie, meine Töchter Caroline und Charlotte sowie meine Freunde für ihre Liebe und immer wiederkehrende Ermutigung.

## **Lebenslauf**

1967	geb. in Güstrow/Mecklenburg
1974-1984	Schule
1984-1986	Oberschule, Abitur
1986-1987	Facharbeiter für Tierproduktion
1987-1991	Universität-Rostock, Diplom – Tierproduktion
1992-1993	Universität-Rostock, Zusatzstudium – Landeskultur und Umweltschutz
1993-1996	Feldforschung, Nigeria
1997-2006	Liebig-Universität Giessen, Dissertation

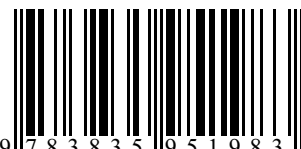


édition scientifique  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D - 3 5 3 9 6 G I E S S E N

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
[redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)  
[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)

ISBN 3-8359-5198-X



9 783835 951983